

ISBN 978-81-906128-3-8
9788190612838




ఎలా తెలుసుకున్నాం?-8

విద్యుత్తు

ఐజాక్ అసిమోవ్

అనువాదం: పి. పైడన్న




విజ్ఞాన ప్రచురణలు


మంచి పుస్తకం

ఎలా తెలుసుకున్నాం?-8

విద్యుత్తు

ఐజాక్ అసిమోవ్

అనువాదం : పి. పైడన్న



విజ్ఞాన ప్రచురణలు



మంచి పుస్తకం

How Did We Find Out ELECTRICITY by Isaac Asimov

ఎలా తెలుసుకున్నాం? - 8

విద్యుత్తు

రచయిత : ఐజాక్ అసిమోవ్
అనువాదం : పి. పైడన్న
మొదటి, రెండవ ముద్రణలు : నవంబరు 2007, డిశంబర్ 2014
మూడవ ముద్రణ : ఆగస్టు 2017
ప్రతుల సంఖ్య : 1000

వెల : రూ. 25/-

ISBN No. 978-81-906128-3-8
ప్రచురణ, ప్రతులకు :
విజ్ఞాన ప్రచురణలు
ప్రజా సైన్స్ వేదిక
జి. మాల్యాద్రి, ప్రచురణల విభాగం
162, విజయలక్ష్మీనగర్, నెల్లూరు - 524 004,
ఫోన్: 94405 03061

మంచి పుస్తకం
12-13-439, వీధి నెం. 1,
తార్నాక, సికింద్రాబాద్ - 500 017.
ఫోను: 94907 46614
email: info@manchipustakam.in
website: www.manchipustakam.in

ముద్రణ :
చరిత ఇంప్రెషన్స్,
1-9-1126/బి, అజామాబాద్,
హైదరాబాద్-20. ఫోన్: 040-2767 8411

విషయ సూచిక

1. రుద్దడం - ఆకర్షించడం



విద్యుత్తు చరిత్ర 2500 సంవత్సరాల క్రితం పశ్చిమ తీరాన గల భూభాగానికి దగ్గరలో మొదలైంది. ప్రస్తుతం ఆ ప్రాంతాన్నే మనం టర్కీ అని పిలుస్తున్నాం.

ఆ ప్రదేశంలో మాగ్నేసియా అనే ప్రాంతం ఉంది. ఈ ప్రాంతంలోని ప్రజలు గ్రీకు భాష మాట్లాడతారు. ఆ ప్రాంతానికి దగ్గరగా ఒక గొర్రెల కాపరి గొర్రెలను కాస్తుండేవాడు. కొండలపైన, గుట్టలపైన సులభంగా నడవడానికి ఇనుప మొన గల ఓ కర్రను ఉపయోగించేవాడు.

అనుకోకుండా ఒక రోజు తన కర్రకు ఉన్న ఇనుప మొన ఒక రాయికి తగిలింది. తిరిగి లాగడానికి ప్రయత్నించినపుడు ఆ రాయికి ఇనుప మొన అతుక్కున్నట్లు గమనించాడు. ఆ రాయిపైన ఏదైనా పదార్థం (బంక లాంటిది) ఉందా అని ఆలోచించి తన చేతి వేలిని తాకించి చూశాడు. కాని చేతి వేళ్ళు ఆ రాయికి అతుక్కోలేదు. తన కర్రకు ఉన్న ఇనుప మొన మాత్రమే ఈ స్వభావాన్ని ప్రదర్శిస్తోంది. మిగిలినవి ఏవీ ఈ స్వభావాన్ని ప్రదర్శించలేదు. ఈ రాయి ప్రత్యేకత గురించి గొర్రెల కాపరి అందరికీ చెప్పాడు.

ఆ ప్రదేశంలో థేల్స్ అనే తెలివైన వ్యక్తి నివసిస్తుండేవాడు. ఈ రోజులలో అతనిని మనం శాస్త్రజ్ఞుడు అని పిలిచేవారమేమో. మాగ్నేసియాలో గల ప్రత్యేక రాయి గురించి విని అక్కడి నుంచి ఒక రాయిని తన వెంట తీసుకొని వచ్చాడు. అది ఒక్క ఇనుప వస్తువులనే ఆకర్షించేది తప్ప మిగిలిన ఏ వస్తువులను ఆకర్షించడం లేదు.

ఆ ప్రాంతం పేరు మీద ఆ రాయికి థేల్స్ మాగ్నెటిక్ రాయి (అయస్కాంత రాయి) అని పేరు పెట్టాడు. మనం దానిని మాగ్నెట్ (అయస్కాంతం) అని పిలుస్తున్నాం. జీవం లేని ఒక రాయి ఒక వస్తువుని తనవైపు ఎలా ఆకర్షిస్తుంది, అంతేకాక ఒక్క ఇనుమును మాత్రమే ఎందుకు ఆకర్షిస్తుంది అని థేల్స్ కొంచెం ఆశ్చర్యపడ్డాడు. ఏదైనా ఇతర వస్తువు ఈ ధర్మాన్ని కలిగి వుంటుందా? ఇతర వస్తువులను కూడా థేల్స్ పరీక్షించాడు. థేల్స్ పరీక్షించిన వస్తువులలో బంగారు రంగుతో వున్న గాజు వంటి వస్తువు ఒకటి. మనం దీనిని ఏంబర్ (ఒక తరహా పసుపు రంగు గల రాయి) అని పిలుస్తాం. కానీ గ్రీకు భాషలో దీనిని ఎలక్ట్రాన్ అని అంటారు.

ఏంబర్ ఇనుప వస్తువులను ఆకర్షించడం లేదు. కానీ ఇది సువాసనను కలిగి ఉండి ఒక విచిత్రమైన ధర్మాన్ని ప్రదర్శించేది. అంతేకాక వేళ్ళతో రుద్దిన

ఈ ధర్మం మరింత బలపడేది. ఏంబర్‌ని రుద్దిన కొద్దీ ఈ ధర్మం మరింత బలపడేది. ఏంబర్‌ని రుద్దిన తరువాత కొన్ని ఇతర వస్తువులను ఆకర్షించడం థేల్స్ బహుశా పరిశీలించి ఉండవచ్చు. దారం, చెక్కగుండ, తేలికైన వస్తువులు, చాలా చిన్న చిన్న వస్తువులను ఏంబర్ ఆకర్షిస్తుంది. ఇది అయస్కాంతం పని చేసే విధానం కానే కాదు. రుద్దిన ఏంబర్ వేరే విధమైన ఆకర్షణను ప్రదర్శిస్తుంది.

ఎందుకిలా జరుగుతోందో థేల్స్‌కి అర్థం కాలేదు కానీ తాను చేసిన ప్రయోగాల గురించి జాగ్రత్తగా రాసుకుని దాచుకున్నాడు. తరువాత కొంతమంది దీనిని చదివి ఈ ప్రయోగాల గురించి ఆలోచించారు.

రాను రాను అయస్కాంత రాళ్ళు ప్రజలకు ఉపయోగపడసాగాయి. ఒక ఇనుప సూదిని అయస్కాంతరాయితో ఒక పద్ధతిలో (ఒక చివర నుంచి వేరొక చివరకు మాత్రమే) బలాన్ని ఉపయోగించి రుద్దినపుడు సూదికూడా అయస్కాంతంగా మారుతుంది. ఇప్పుడు సూది కూడా ఇనుప వస్తువులను ఆకర్షిస్తుంది. ఒక అయస్కాంత సూదిని నీటిలో ఉంచిన ఒక బెండు మీద ఉంచినపుడు కానీ లేదా ఒక సూది మీద తిరుగుతున్నపుడు గాని అయస్కాంత సూది యొక్క ఒక కొన ఉత్తర దిశను సూచిస్తుంది. నావికులు సముద్రంలో ప్రయాణించేటపుడు భూమిని చూడలేరు కాబట్టి ఏ దిశలో ప్రయాణిస్తున్నారో తెలుసుకోవడానికి ఈ అయస్కాంత సూదిని వాడతారు.

ఉత్తర దిశను సూచించడానికి వాడే అయస్కాంత సూదులను “కంపాసులు” అంటారు. క్రీ.పూ. 1400లో యూరప్ ఖండ నావికులు ఈ కంపాసులను ఉపయోగించి సముద్రాల మీదుగా ప్రయాణించి రకరకాల భూభాగాలను కనుగొన్నారు. ఒకవేళ ఈ కంపాసులే లేనట్లయితే 1492లో క్రిస్టోఫెర్ కొలంబస్‌కి అమెరికాను చేరడం దుస్సాధ్యం అయ్యేదేమో.

మరి రుద్దిన ఏంబర్ పరిస్థితి ఏమిటి? ఇది ఉపయోగకరంగా అనిపించలేదు. చాలా తక్కువమంది ఈ విషయం గురించి ఆలోచించే వారు.

సుమారుగా 1570లో విలియమ్ గిల్బర్ట్ అనే ఇంగ్లీషు అతను అయస్కాంతాల మీద ప్రయోగాలు ప్రారంభించాడు. ఇతడు ఏంబర్ మీద

దృష్టి సారించాడు. రుద్దిన తరువాత ఏంబర్ ఎందుకు వస్తువులను ఆకర్షిస్తుంది? దీని ప్రత్యేకత ఏమిటి?

ఏంబర్ రంగు చాలా అందంగా ఉండేది కాబట్టి దీనిని నగల తయారీలో ఉపయోగించేవారు. ఇతర నగలు కూడా ఏంబర్ లాగానే రుద్దిన తరువాత ఆకర్షణ శక్తిని ప్రదర్శిస్తున్నాయా! గిల్బర్ట్ ఇతర నగలను ఉపయోగించినప్పుడు అవి కూడా ఏంబర్ లాగే రుద్దిన తరువాత తేలికైన వస్తువులను ఆకర్షిస్తున్నాయి అని కనుగొన్నాడు. ఉదాహరణకు వజ్రాలు, నీలమణులు, రత్నాలు కూడా ఏంబర్ లాగే ప్రవర్తించేవి. నగలు తయారు చేయడంలో సాధారణంగా ఉపయోగించే రాళ్ళు, ఉపయోగించని రాళ్లు కూడా ఈ ప్రవర్తనని కలిగి ఉండేవి.

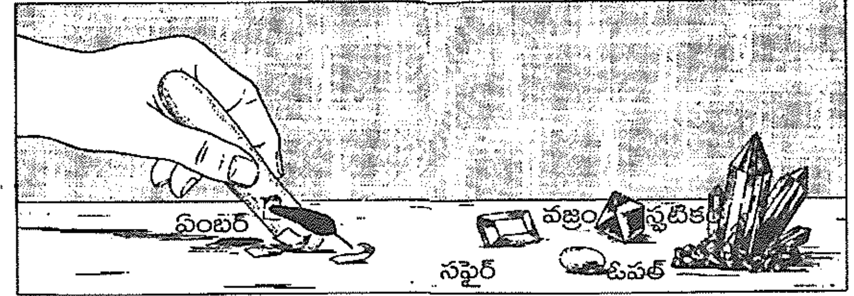
ఏంబర్‌ని గ్రీకు భాషలో "ఎలక్ట్రాన్" అని, లాటిన్ భాషలో "ఎలక్ట్రమ్" అని పిలుస్తారు అనే విషయం గిల్బర్ట్‌కు తెలుసు కాబట్టి రుద్దిన తరువాత ఆకర్షణ ప్రదర్శించే వస్తువులను "ఎలక్ట్రిక్స్" అని పిలిచాడు. అన్ని వస్తువులూ ఏంబర్ ప్రదర్శించిన ధర్మాన్ని కలిగి ఉన్నాయి కాబట్టి ఇలా చేశాడు.

ఈ ఆకర్షణని మనం ఏమని పిలుస్తాం? రుద్దిన ఏంబర్ ఒక చిన్న కాగితపు ముక్కను ఆకర్షించడం అనే కొత్త శక్తిని ఏమని పిలుస్తాం? సుమారుగా 1650లో వాల్టర్ కార్లెటన్ అనే ఇంగ్లీషు వ్యక్తి దీనిని "విద్యుత్తు" (ఎలక్ట్రిసిటీ) అని పిలిచాడు.

ఇదే సమయంలో యూరప్‌లోని ప్రజలు ప్రకృతి గురించి బాగా అధ్యయనం చేయసాగారు. వీరు అనేక వస్తువులను అనేక విధాలుగా ప్రయోగించి ఏమౌతుందో పరిశీలించసాగారు.

ఉదాహరణకి రుద్దిన తరువాత ఏంబర్ తేలికైన వస్తువులను ఆకర్తిసుంది. ఇంకా ఎక్కువ సమయం గట్టిగా రుద్దితే ఏమౌతుంది? ఆకర్షణ ఏమైనా బలపడుతుందా? ఏంబర్ ఏమైనా ఎక్కువ విద్యుత్తు (ఎలక్ట్రిసిటీ)ని కలిగి ఉంటుందా? ఈ ప్రయోగాన్ని ఒట్టో వాన్ గ్యురిక్ అనే జర్మను వ్యక్తి చేసి పరిశీలించాడు. ఒక ఏంబర్ ముక్కని ఒక గుడ్డతో బలంగా రుద్దగలిగినంత వరకు రుద్దాడు. తరువాత చేతి వేళ్ళ మధ్యనుంచి నొక్కినప్పుడు చిన్న చిటపటమనే శబ్దాన్ని విన్నాడు. ఇదే వస్తువును బాగా చీకటిలో నొక్కినప్పుడు ప్రతీ శబ్దంతోపాటు ఒక చిన్న కాంతి పుంజాన్ని వెలువరించింది.

ఒకవేళ రుద్దడం వల్ల వచ్చే మొత్తం విద్యుత్తుని ఏంబర్ తనలో ఇమిడించుకోలేక పోయిందా! ఒకవేళ కొంత విద్యుత్తు శబ్దాలను, కాంతి పుంజాలను వెలువరించడం ద్వారా బయటకు వెదజల్లుతోందా!

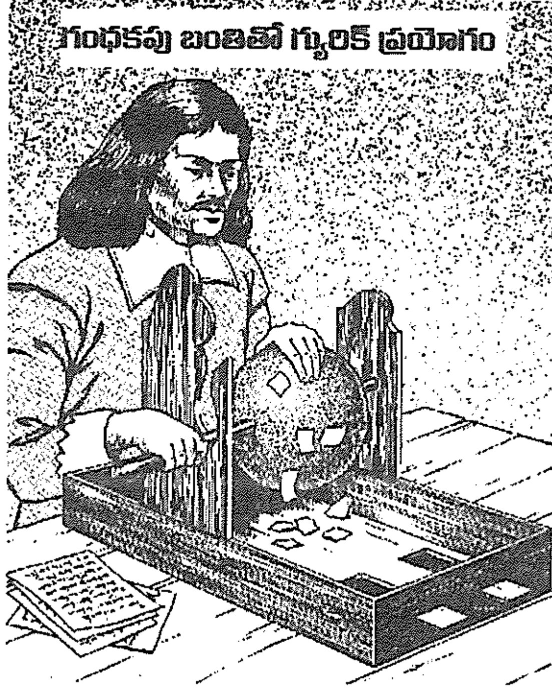


కానీ చిన్న చిన్న శబ్దాలు, కాంతి పుంజాలు గ్యురిక్‌ని చాలా చిరాకు పరిచాయి. ఈ ప్రయోగంలో గ్యురిక్ ఇంకా ముందుకు పోవాలంటే ఏంబర్‌లో ఇంకా ఎక్కువ విద్యుత్‌ని బంధించాలి. దీనికి ఎక్కువ విద్యుత్‌ని బంధించగల పెద్ద ఏంబర్ కావాలి. కానీ పెద్ద ఏంబర్ ఆ రోజుల్లో చాలా ఖరీదుగా ఉండేది. కాబట్టి 1672లో గంధకం అనే పసుపు రంగు పదార్థాన్ని గ్యురిక్ ఉపయోగించాడు. ఇది రుద్దిన తరువాత తేలిక వస్తువులను ఆకర్షించేది కాబట్టి ఇది ఒక ఎలక్ట్రిక్. అంతేకాక ఇది ఏంబర్ కన్నా తక్కువ ఖరీదే.

పెద్ద మొత్తంలో గంధకాన్ని తీసుకొన్ని చిన్న చిన్న ముక్కలుగా చేసి దీనిని గుండ్రంగా వున్న గాజు కుప్పె (ఫ్లాస్కు)లో ఉంచి వేడి చేశాడు. గాజు కుప్పెలో ఉన్న గంధకం కరిగింది. ఈ విధంగా కొంచెం కొంచెం గంధకాన్ని కలుపుతూ కరిగించి గాజు కుప్పె నిండేట్లు చేశాడు. తరువాత ఒక చెక్క పిడి యొక్క ఒక కొనను గాజు కుప్పెలో ద్రవస్థితిలో ఉన్న గంధకం లోనికి పోనిచ్చి చల్లబరిచాడు. తరువాత కుప్పెలోని గంధకం పసుపు రంగులో వున్న ఘనపదార్థంగా మారింది.

గ్యురిక్ చాలా జాగ్రత్తగా గాజు కుప్పెని పగలగొట్టి గాజు ముక్కలను తొలగించాడు. ఇప్పుడు తన తల కన్నా పెద్ద పరిమాణంలో ఉన్న గంధకం బంతి బయటికి వచ్చింది. దీనికి ఒక చెక్క పిడి కూడా అమర్చి ఉంది. దీనిని ఒక చెక్కతో చేసిన పరికరంతో పట్టి ఉంచి, ఒక చేతితో గంధకం బంతిని

దానికి అమర్చిన చెక్క పిడి సహాయంతో తిప్పుతూ రెండో చేతిని తిరుగుతూ వున్న గంధకం బంతి మీద వేసినప్పుడు రుద్దడం లేదా ఘర్షణ అనే ప్రక్రియ జరగడం వల్ల విద్యుత్ జనించి గంధకం బంతి విద్యుత్‌తో నిండుతుంది. దీనిని 'గ్యురిక్ గంధకం బంతి ప్రయోగం' అంటారు.



ఈ ప్రయోగం వరకూ ఎవరు కూడా ఎక్కువ విద్యుత్‌ని ఒక్కచోట సేకరించలేదు. గంధకం బంతి ఒకసారి విద్యుత్‌తో నిండిన (చార్జ్ అయిన) తరువాత బిగ్గరగా శబ్దాలను వెలువరించింది. విద్యుత్ బయటకు విడుదల (డిశ్చార్జ్) అయినప్పుడు ప్రకాశవంతమైన కాంతిపుంజం వెలువడింది. ఈ కాంతిని పగలు కూడా మనం చూడగలం.

విద్యుత్తుని ఉత్పత్తి చేయడానికి "ఘర్షణ యంత్రాన్ని" కనుగొన్న మొదటి వ్యక్తి గ్యురిక్.

2. వాహకాలు - బంధకాలు

గ్యురిక్ ప్రయోగాలను చదివి విద్యుత్తు గురించి తెలుసుకోవడానికి చాలామంది ఉత్సాహాన్ని చూపించారు.

స్టీఫెన్ గ్రే అనే ఇంగ్లీషు వ్యక్తి కొన్ని ప్రయోగాలను చేయాలని నిశ్చయించుకున్నాడు. తక్కువ ఖర్చుతో ఎక్కువ గాజును పొందవచ్చు. కాబట్టి ఇతడు గాజును ఎలక్ట్రిక్‌గా ఉపయోగించాడు. గాజుని ఒక మంచి ఎలక్ట్రిక్‌గా (రుద్దిన తరువాత ఆకర్షణను ప్రదర్శించేది) ఉపయోగించవచ్చునన్న విషయం గ్యురిక్‌కి తెలిసి ఉంటే గంధకం బంతి చుట్టూ వున్న గాజు కుప్పెను పగలగొట్టేవాడు కాదేమో. గాజుని మాత్రమే ఉపయోగించి గంధకాన్ని ఉపయోగించేవాడు కాదేమో.

గ్రే ఒక మీటరు పొడవు ఉన్న గాజు గొట్టాన్ని తీసుకొని రుద్దాడు. అది తేలికైన వస్తువులను ఆకర్షించింది. దీనిని బట్టి విద్యుత్ గాజు గొట్టంలోకి ప్రవేశించింది అని అర్థమవుతోంది.

గాజు గొట్టాన్ని ఇరువైపులా తెరచి ఉంచడం వల్ల ఏమైనా మలిన పదార్థాలు గొట్టంలోకి ప్రవేశించి తద్వారా తన ప్రయోగం చెడిపోయే ప్రమాదముందేమోనని గ్రే ఆలోచించి గాజు గొట్టాన్ని రెండు వైపులా బెండు బిరడాలతో (కార్క్‌లతో) మూసివేశాడు. అప్పుడే బెండు బిరడాలు కూడా తేలికైన వస్తువులను ఆకర్షించాయి అన్న విషయం వెలుగులోకి వచ్చింది. గాజు గొట్టాన్నే గ్రే రుద్దాడు.

బిరడాలను రుద్దలేదు. అయినప్పటికీ బిరడాలు ఈ ధర్మాన్ని ప్రదర్శించాయి. గాజు గొట్టంలోకి రుద్దబడిన విద్యుత్ బెండు బిరడాలలోకి కూడా ప్రయాణించింది అని గ్రే నిర్ణయించాడు.

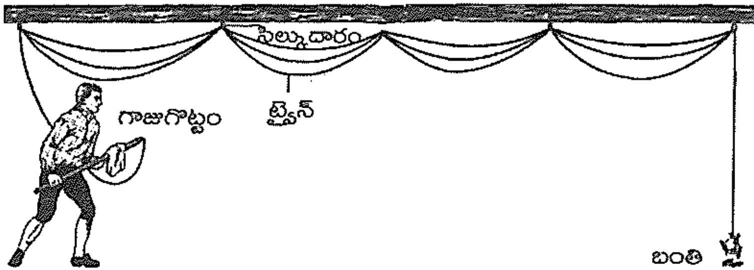
ఇది జరుగుతుందా? విద్యుత్ ప్రయాణిస్తుందా? ఈ విషయాన్ని పరీక్షించడానికి గ్రే మరికొన్ని ప్రయోగాలను కూడా చేశాడు. ఒక పది సెంటీ మీటర్ల పొడవు గల కర్రను తీసుకొని ఒక కొనను గాజుగొట్టానికి ఒకవైపు గల బిరడాలోనికి పోనిచ్చి రెండవ వైపు దంతంతో చేసిన ఒక బంతిని అమర్చాడు.

ఇప్పుడు బిరడాను గాని లేదా దానికి అమర్చిన కర్రను గాని లేదా దంతంతో చేసిన బంతిని గాని దేనినీ తాకకుండా చాలా జాగ్రత్తగా ఒక్క గాజు గొట్టాన్ని మాత్రమే రుద్దాడు, అయినప్పటికీ దంతపు బంతి తేలికైన వస్తువులను ఆకర్షించింది. దీనిని బట్టి విద్యుత్ ప్రయాణిస్తుంది అన్న విషయం నిర్ధారణ అయ్యింది.

గాజుగొట్టం గుండా నీరు, గాలి ప్రయాణించగలవు, ఈ రకమైన ప్రయాణాన్ని "ప్రవాహం" (ఫ్లో) అంటారు. గాలి లేదా ఏ ద్రవమైనా గొట్టం గుండా ప్రవహించగలదు. నీటి ప్రవాహమే నది. అలానే గాలి ప్రవాహమే పవనం. లాటిన్ భాషలో ద్రవాలు, వాయువులను "ఫ్లూయిడ్స్" అంటారు. ఫ్లూయిడ్ అనగా ప్రవహించే లక్షణం గలది (ఫ్లో) అని అర్థం.

వస్తువుల ద్వారా విద్యుత్తు ప్రయాణిస్తుందని, ఇది ఒక ప్రవాహం అని గ్రే నిరూపించాడు. అప్పటి నుంచి ప్రజలు విద్యుత్తు ప్రవాహం గురించి మాట్లాడడం మొదలు పెట్టారు.

సిల్కు, ట్వైన్ దారాలతో గ్రే ప్రయోగం



తరువాత విద్యుత్తు ఎంత దూరం ప్రయాణిస్తుంది అన్న విషయం పైన గ్రే దృష్టి కేంద్రీకరించాడు. ఇప్పుడు గాజు గొట్టానికి ఒక కొనకు ఉన్న బిరడా నుంచి ఒక తీగను వేలాడదీసి తీగ కొనకు దంతపు బంతిని వేలాడదీశాడు. ఇప్పుడు కూడా గాజు గొట్టాన్ని రుద్దిన తరువాత దంతపు బంతి తేలికైన వస్తువులను ఆకర్షించింది. ఈ విధంగా 9 మీటర్లు పొడవు ఉన్న తీగను తీసుకొని దంతపు బంతిని వేలాడదీశాడు, అయినప్పటికీ అది తేలికైన వస్తువులను ఆకర్షించింది.

గ్రే ఇంకా ఎక్కువ దూరాలను పరీక్షించాలని చాలా పొడవు ఉన్న తీగను తీసుకొని ప్రయత్నించాడు. కానీ 9 మీటర్లు పొడవు ఉన్న తీగను ఉపయోగించినప్పుడే తన ఇంటి పైకప్పు మీద నిలబడ వలసి వచ్చింది. ఇంతలో ఒక ఆలోచన వచ్చింది, అది తన ప్రయోగశాల పైకప్పుకు తీగను అడ్డంగా వేయాలని. మేకులను ఉపయోగించి తీగను పైకప్పుకు అమర్చాడు. తీగను ప్రయోగశాల పైకప్పుకి అడ్డంగా మెలికలు తిప్పుతూ తీగ తనకు తాను ఎక్కడా తాకకుండా ముందుకీ వెనక్కీ ముందుకీ వెనక్కీ వేస్తూ పైకప్పుకి మేకులతో అతికించి సుమారు 100 మీటర్లు పొడవు గల తీగను అమర్చాడు. తీగ రెండు కొనలనూ కిందకు వేలాడదీశాడు. ఒక కొనను గాజు గొట్టానికి గల బిరడాకి వేరొక కొనను దంతపు బంతికి అమర్చాడు.

కానీ ఇప్పుడు గాజు గొట్టాన్ని ఎంతసేపు రుద్దినా దంతపు బంతి తేలికైన వస్తువులను ఆకర్షించలేదు. విద్యుత్తు ప్రయాణించడం అకస్మాత్తుగా ఆగిపోయినట్లు అనిపించింది. తీగ చాలా పొడవుగా ఉండటం వల్ల ఇలా జరిగిందా? తీగ పొడవుగా ఉండటం వల్లే విద్యుత్ ప్రయాణించడం ఆగిపోయిందని అతను నిర్ధారించగలిగాడా?

కాదు. రుద్దిన తరువాత గాజుగొట్టం కూడా తేలిక వస్తువులను ఆకర్షించలేదు. విద్యుత్ ప్రవహించలేదు అనేది కారణం కాదు, విద్యుత్ గాజు గొట్టంలో అసలు లేనే లేదు. ఇంతకు మునుపు తాను చేయనిది ఏదైనా చేసి తనకు తానే తన ప్రయోగాన్ని నాశనం చేసాడా? అది ఏమై ఉంటుంది?

ఇంతవరకూ తీగను వేలాడదీసినట్లు చేసాడు, కానీ ఇప్పుడు మేకులను ఉపయోగించి తీగను పైకప్పుకి అమర్చాడు. ఒకవేళ విద్యుత్ ప్రయాణించక పోవడానికి కారణం ఈ మేకులేనా? విద్యుత్ ప్రవాహం మేకుల ద్వారా పైకప్పు లోకి ప్రయాణించి తరువాత గాలిలోకి మాయమైందా? ఇదే జరిగి ఉంటుంది, ఎందుకంటే మేకులు చాలా లావుగా ఉంటాయి. కాబట్టి విద్యుత్ ప్రయాణించ డానికి చాలా సులువుగా, అనువుగా ఉంటాయి. బహుశా చాలా సన్నంగా ఉండేవి ఉపయోగించాలేమో?

గ్రే సిల్కు దారాన్ని తీసుకున్నాడు. ఇది చాలా సన్నగా, బలంగా ఉంటుంది. సిల్కు దారాన్ని చిన్న చిన్న ముక్కలుగా చేసి ఒక కొనను మేకులకు కట్టి రెండవ కొనను తీగకు కట్టాడు. ఇప్పుడు తీగ గుండా ప్రయాణించే విద్యుత్ ప్రవాహం చాలా సన్నంగా ఉండే సిల్కు దారం గుండా ప్రయాణిస్తే తప్ప మేకులకు చేరే మార్గమే లేదు. సిల్కు దారం చాలా సన్నగా ఉంది కాబట్టి విద్యుత్ ప్రవాహం తీగలోనే ఉండి ప్రయోగం పని చేయాలి.

గ్రే పైవిధంగా ప్రయోగం చేసినపుడు అది పని చేసింది. విద్యుత్ ప్రవాహం 30 మీటర్లు పొడవు ఉన్న తీగ ద్వారా ఒక కొన నుండి వేరొక కొనవరకు ప్రయాణించింది. ఒక కొనకు ఉన్న గాజు గొట్టాన్ని రుద్దినప్పుడు వేరొక కొనకు ఉన్న దంతపు బంతి తేలికైన వస్తువులను ఆకర్షించింది.

అప్పుడు అతడు తీగ పొడవును పెంచుకుంటూ పోయాడు. చివరకు తీగ బరువు పెరిగి సిల్కు దారం తెగిపోయింది. గ్రే ఈసారి తీగను పట్టి ఉంచడానికి సిల్కు దారానికి బదులుగా ఇత్తడి తీగను ఉపయోగించాలని నిర్ణయించాడు. కానీ మళ్లీ విద్యుత్తు ప్రవాహం తీగలో లేదు, ఇది ఖచ్చితంగా ఇత్తడి తీగ ద్వారా బయటకు పోవాలి. దీనినిబట్టి తీగను పట్టి ఉంచడానికి ఉపయోగించేది, ఎంత సన్నంగా ఉంది అన్న దానికంటే అది దేనితో తయారు చేసింది అనేది ముఖ్యమైన విషయం అని గ్రే నిర్ధారించాడు.

గ్రే మరికొన్ని ప్రయోగాలు చేసి విద్యుత్తు ప్రవహించడానికి అన్నిటికంటే లోహాలు చాలా అనువైనవి అని కనుగొన్నాడు. అందుకే లోహం గాని మరే ఇతర పదార్థం అయినా గాని విద్యుత్తుని తన గుండా సులువుగా ప్రవహింప

చేసేదాన్ని "వాహకం" (కండక్టర్) అంటారు. అతికష్టం మీద తనగుండా విద్యుత్‌ని ప్రవహింపచేసే వాటిని "బంధకాలు" (ఇన్సులేటర్స్) అంటారు, ఉదాహరణకి సిల్కు.

ఏంబర్, గాజు, గంధకం ఇతర వస్తువులు రుద్దిన తరువాత ఎందుకు విద్యుదీకరణం (ఎలక్ట్రిఫైడ్) చెందుతున్నాయి అన్న విషయం ఇప్పుడు గ్రేకి అర్థమయింది. పైన పేర్కొన్నవన్నీ వాహకాలుకాదు, ఇవి రుద్దిన తరువాత విద్యుత్తుని నింపుకుంటాయి, కానీ ఇవి వాహకాలు కానందున వీటిలోని విద్యుత్తు ఎక్కడికీ పోలేదు.

ఒకవేళ ఏదైనా (లోహాలు వాహకాలు కాబట్టి) రుద్దినపుడు, ఏదైనా దీనిని ఆనుకొని ఉంటే అందులోకి విద్యుత్తు ప్రవాహం ప్రయాణిస్తుంది. లోహంలో ఏమాత్రం మిగలకుండా చాలా సులభంగా, వేగంగా ప్రయాణిస్తుంది. లోహం గనక బంధకాన్ని తాకితే అందులోగల ఏదైనా విద్యుత్తు ప్రవాహాన్ని లోహం తీసుకుంటుంది.

1731లో గుగ్గిలం (రెజిన్) ఫలకాల మీద లోహపు ముక్కలను ఉంచి గ్రే తన సిద్ధాంతాన్ని పరీక్షించాడు. గుగ్గిలం కూడా ఏంబర్ పోలికలను కలిగి ఉంటుంది, వాహకం కాదు. గుగ్గిలం ఫలకాల మీద లోహాన్ని ఉంచి దీనిని తన చేతితో రుద్దకుండా తన జేబురుమాలగా ఉపయోగించే సిల్క్ గుడ్డతో రుద్దాడు. సిల్కు కూడా వాహకం కాదు. ఇప్పుడు లోహాన్ని గుగ్గిలం, సిల్కు గాలి మాత్రమే తాకుతున్నాయి, ఇవన్నీ వాహకాలు కాదు బంధకాలే.

లోహాన్ని రుద్దడం వల్ల ఉత్పత్తి అయ్యే విద్యుత్తు బంధకాల గుండా తప్పించుకోలేదు, ఇది లోహంలోనే ఉంటుంది. కాబట్టి తేలికైన వస్తువులను ఆకర్షిస్తుంది.

గ్రే ఒక బాలుడిని కూడా బలమైన సిల్కు దారాలతో ఇంటి పైకప్పుకి వేలాడదీసి, ఆ బాలుని చేతిని సిల్కు గుడ్డతో రుద్దాడు. కొంత సమయం తరువాత బాలుడి శరీరం, అతడు ధరించిన బట్టలు కూడా తేలికైన వస్తువులను ఆకర్షించాయి.

దేనినైనా రుద్దితే అది విద్యుత్తు ప్రవాహంతో నిండుతుంది అనే దానిని గ్రే నిరూపించగలిగాడు.

3. ప్రవాహాలు - జాడీలు

గ్రే చేసిన ప్రయోగాలు యూరప్‌లోని మిగిలిన భాగాలకు కూడా త్వరగా వ్యాపించాయి. ఫ్రాన్స్ లోని చార్లెస్ ఫ్రాన్సిస్ దు ఫే అనే వ్యక్తి కొన్ని ప్రయోగాలను చేశాడు.

1733లో ఇతడు చిన్న బెండు ముక్కను తీసుకొని దానిని పలచని బంగారపు రేకు పొరతో కప్పి ఉంచాడు. తరువాత దీనిని సిల్కు దారాన్ని ఉపయోగించి పైకప్పుకు వేలాడదీశాడు. ఒక విద్యుదీకరణం చెందిన కడ్డీని బంగారు రేకుకు తాకించి దానిని విద్యుదీకరణం గావించినపుడు విద్యుత్తు బంగారు రేకు ఉపరితలం మీద సమాంతరంగా విస్తరిస్తుంది, ఎందుకంటే బెండు వాహకం కాదు కదా. బెండు, బంగారపు పొరను సిల్కు దారం, గాలి మాత్రమే తాకుతున్నాయి కాబట్టి విద్యుత్తు తప్పించుకోవడానికి మార్గమే లేదు.

ఒకవేళ దు ఫే బెండును విద్యుదీకరణం గావించిన తరువాత దానిని తొలగించడానికి ఒక్క లోహపు ముక్కను తాకిస్తే చాలు, బెండులో ఉన్న విద్యుత్ అతి తక్కువ సమయంలో లోహపు ముక్కలోకి జారుకుంటుంది, తద్వారా బెండులోని విద్యుత్ విడుదల (డిశ్చార్జ్) అవుతుంది.

తరువాత దు ఫే వేరొక బెండును తీసుకొని పైన పేర్కొన్న విధంగా విద్యుదీకరణం గావించాడు. ఇప్పుడు రెండు బెండులను ఇంటి పైకప్పుకి వేలాడదీశాడు. ఇప్పుడు రెండు బెండు ముక్కలు ఒకదానికొకటి పక్క పక్కన

అతి దగ్గరలో (సెంటీమీటర్ల పరిధిలో) అమర్చి వేలాడదీశాడు. రెండు బెండులూ తిన్నగా కిందకు వేలాడేలా ఆ గదిలో ఏవిధమైన ఇతర వాయు ప్రవాహం లేకుండా చేశాడు. రెండు బెండులూ ఒకదానికొకటి చాలా దగ్గరగా ఉన్నప్పుడు ఒక దానిని విద్యుదీకరణం చేస్తే రెండవ దానిని ఆకర్షిస్తుందేమోనని భావించాడు.

దు ఫే ఒక గాజు కడ్డీని సిల్కు గుడ్డలో రుద్ది విద్యుత్ ద్రవం నిండేట్లు చేశాడు. దీనితో ఒక బెండును తాకాడు. దీనివల్ల గాజు కడ్డీలోని విద్యుత్తు కొంత బెండుకు గల బంగారురేకు లోనికి ప్రయాణించింది.

ఖచ్చితంగా అతడు ఊహించినట్లే జరిగింది. అంటే విద్యుదీకరణం చెందిన బెండుకి విద్యుదీకరణం చెందని బెండుకి (గాజు కడ్డీతో తాకనిది) మధ్య ఆకర్షణ ఏర్పడింది. కిందకు వేలాడదీసిన రెండు బెండులు తిన్నగా కిందకు వేలాడబడకుండా రెండూ ఒకదానివైపు ఒకటి వంగాయి. కారణం విద్యుదాకర్షణ బలం రెండింటిని ఒక్క దగ్గరకు చేర్చింది.

మరి రెండు బెండు ముక్కలను విద్యుదీకరణం గావించితే ఏమౌతుంది? ఇప్పుడు కూడా రెండు ఒకదానికొకటి ఆకర్షించుకుంటాయా? ముందు ప్రయోగంతో పోల్చినపుడు ఇప్పుడు ఆకర్షణ బలం రెండింతలు పెరుగుతుందని, దానివల్ల బెండులు ఇంకా బాగా దగ్గరకి చేరుతాయని, వేలాడదీసినప్పుడు రెండింటి మధ్య కోణం పెరుగుతుందని దు ఫేకి అనిపించింది.

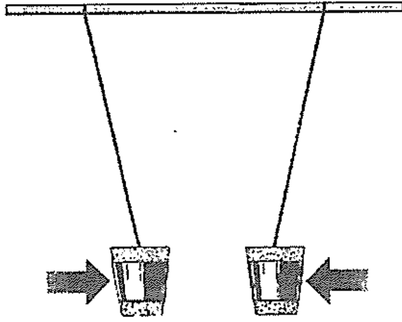
దు ఫే ఈ ప్రయోగాన్ని చేశాడు. రెండు బెండు ముక్కలను తిన్నగా కిందకు వేలాడదీశాడు. గాజు కడ్డీని రుద్ది ముందుగా ఒక బెండును తాకాడు. తరువాత రెండవదానిని తాకాడు. తరువాత జరిగింది చూసి అతను ఆశ్చర్య పడ్డాడు. బెండుల మధ్య ఆకర్షణ బలపడ లేదు. రెండూ ఒక దానికొకటి దూరంగా నెట్టుకోసాగాయి.

దీంతో పెద్ద చిక్కే వచ్చి పడింది. విద్యుత్తు ఈ రకంగా ప్రవర్తిస్తుందా? లేదా తాను ఉపయోగించిన గాజులో ఏమైనా లోపం ఉందా? ఒకవేళ గాజుకి బదులు వేరే పదార్థాన్ని ఉపయోగించాలేమో? అప్పుడు ఒక గుగ్గిలం కడ్డీని తీసుకొని దానిని ఉన్ని గుడ్డతో రుద్దాడు. ఎందుకంటే గుగ్గిలం మీద సిల్కు కంటే ఉన్ని బాగా పని చేస్తుంది. ఒకసారి గుగ్గిలం విద్యుదీకరణం చెందిన

తరువాత దానిని రెండు బెండు ముక్కలకు తాకించాడు. ఇప్పుడు కూడా ఒకదానికొకటి దూరంగా నెట్టుకున్నాయి.

డు ఫే చేసిన మరో ప్రయోగం ఉంది. గాజు కడ్డీని సిల్కు గుడ్డతో రుద్ది ఒక బెండును తాకించాడు. తరువాత గుగ్గిలం కడ్డీని ఉన్నితో రుద్ది దీనిని వేరొక బెండుకు తాకించాడు. ఇప్పుడు రెండు బెండులూ విద్యుత్ ద్రవంతో నిండి ఒకదానికొకటి ఆకర్షించుకున్నాయి.

విద్యుదీకరణం చెందిన బెండు
విద్యుదీకరణం చెందని బెండును ఆకర్షించుట



డు ఫే రెండు రకాల విద్యుత్ ద్రవాలు ఉన్నాయని నిర్ణయించాడు. మొదటి రకం గాజు గొట్టాన్ని రుద్దినపుడు నిండిన విద్యుత్తు, దీనిని "గాజు-విద్యుత్" ద్రవమని అనుకుందాం. రెండవ రకం "గుగ్గిలం-విద్యుత్", ఇది గుగ్గిలం కడ్డీని ఉన్నితో రుద్దినపుడు నిండేది. రెండు బెండులూ ఒకే రకమైన ద్రవంతో నింపినపుడు అవి ఒకదానినొకటి నెట్టుకోసాగాయి. వేరు వేరు ద్రవాలతో నింపినపుడు అవి ఒకదానినొకటి ఆకర్షించుకోసాగాయి.

దీనికోసం డు ఫే ఇంకా ప్రయోగాలు చేయసాగాడు. విద్యుదీకరణం చెందిన గాజు కడ్డీని ఒక బెండుకు తాకించాడు. ఈ బెండులో నిండిన ద్రవాన్ని గాజు-విద్యుత్తు ద్రవం అనుకుందాం. తరువాత గాజు కడ్డీని దూరంగా చేసి నెమ్మదిగా బెండుకు దగ్గరగా తెచ్చినపుడు ఒకదానికొకటి దూరంగా నెట్టుకోసాగాయి, అంటే వికర్షణ ఏర్పడింది. ఎందుకంటే గాజు కడ్డీ, బెండు

ఒకే రకమైన ద్రవంతో నిండి ఉన్నాయి. కాబట్టి బెండు ముక్కను గాజు కడ్డీ దూరంగా నెట్టింది.

ఇప్పుడు ఇదే బెండు దగ్గరికి విద్యుదీకరణం చెందిన గుగ్గిలం కడ్డీని తెచ్చినపుడు బెండు ఆకర్షింపబడింది. గుగ్గిలం కడ్డీవైపు చేరడానికి బెండు మొగ్గు చూపింది. ఇప్పుడు మొదట ఉపయోగించిన బెండును గుగ్గిలం కడ్డీలో గల విద్యుత్తు ద్రవంతో నింపినపుడు పైన జరిగిన చర్యలన్నీ వ్యతిరేకంగా జరిగాయి. గుగ్గిలం కడ్డీని బెండు బంతి వికర్షించింది, గాజు కడ్డీని ఆకర్షించింది.

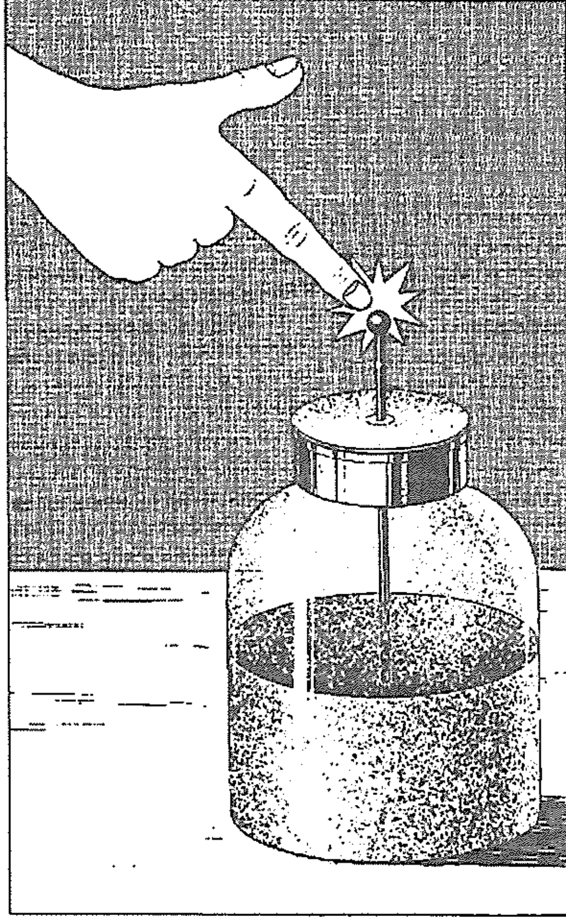
డు ఫే ఇతర పదార్థాల పైన కూడా ప్రయోగాలు చేయసాగాడు. ఎప్పుడైనా ఏదైనా వస్తువును విద్యుదీకరణం గావించినపుడు, అది గాజు-విద్యుత్తు ద్రవంతో నింపిన వస్తువులా గాని లేదా గుగ్గిలం-విద్యుత్తు ద్రవంతో నింపిన వస్తువులా గాని ప్రవర్తించేది. ఈ రెండు రకాల విద్యుత్తు ద్రవాలు మాత్రమే ఉన్నాయి. మూడవరకం విద్యుత్తు ద్రవం లేదు.

ఇదే సమయంలో చిన్న వస్తువులలో పెద్దమొత్తంలో విద్యుత్తుని బంధించడానికి ప్రయోగాలు కొనసాగాయి.

ఉదాహరణకి 1745లో గాజు జాడీలతో ప్రయోగాలను చేయడం ప్రారంభించారు. ఈ గాజు జాడీల లోపలి భాగాన పాక్షికంగాను, వెలుపల భాగాన పలుచగాను లోహపు పూత పూసేవారు. తెరచి ఉన్న జాడీని బెండుతో మూసేవారు. ఒక ఇత్తడి కడ్డీకి అడుగు భాగాన ఇత్తడి గొలుసును అమర్చి, దీనిని బెండు బిరడా గుండా పోనిచ్చి ఇత్తడి గొలుసు జాడీ అడుగు భాగానికి తాకేట్లు అమరిస్తే ఇత్తడి గొలుసు జాడీకి అడుగు భాగాన గల లోహపు పూతను తాకుతుంది.

జాడీ వెలుపల వున్న ఇత్తడి కడ్డీ భాగాన్ని విద్యుదీకరణం చెందిన గాజు కడ్డీతో తాకినపుడు కొంత విద్యుత్తు ద్రవం ఇత్తడి కడ్డీ ద్వారా గాజు జాడీలో గల లోహంలో ప్రవేశిస్తుంది. గాజు జాడీ బెండుతో కప్పబడి ఉంది కాబట్టి; గాజు, బెండులు వాహకాలు కాదు కాబట్టి ఒకసారి జాడీలోనికి ప్రవేశించిన విద్యుత్తు తప్పించుకోవడానికి మార్గమే లేదు.

లెడెన్ జాడీ నుండి విద్యుత్తు షాక్ తగులటం



గాజు కడ్డీని మళ్ళీ విద్యుదీకరణం గావిస్తే గాజు జాడీలోకి ఎక్కువ విద్యుత్తు ద్రవం ప్రవేశిస్తుంది. చివరికి జాడీలోకి సరిపోయినంత విద్యుత్తు ద్రవాన్ని ప్రవేశింపచేయవచ్చు. ఈ విధంగా పెద్ద మొత్తంలో విద్యుత్తుని జాడీలోకి నింపవచ్చు (దీనిని ఛార్జింగ్ అంటారు).

ఈ విధమైన జాడీని కనుగొన్న వారిలో పీటర్ వాన్ ముస్‌చెన్‌బ్రోక్ ఒకరు. ఇతనో డచ్ ప్రొఫెసర్. ఇతడు నెదర్లాండ్స్‌లో గల లెడెన్ విశ్వవిద్యాలయంలో

పనిచేసేవాడు. ఈ కొత్తరకమైన గాజు జాడీని అతడి పేరు మీద లెడెన్ జాడీ అంటారు.

లెడెన్ జాడీలోకి ఎక్కువ విద్యుత్తు ద్రవాన్ని నింపితే, తరువాత బయటకు కూడా ఎక్కువగా విడుదల కావాలి. ఉదాహరణకి పెట్టెలో ఎక్కువ బట్టలు బంధించిన కొద్దీ, వత్తిడి పెరిగి లోపల వున్న బట్టలు పెట్టే మూతను గట్టిగా బయటకు నెడతాయి. పెట్టె గడియను తెరిచినప్పుడు పెట్టె బయటకు కొన్ని బట్టలు దొర్లుతాయి. లెడెన్ జాడీ కూడా ఇదే విధంగా పనిచేస్తుంది. లెడెన్ జాడీని ఎంత ఎక్కువ విద్యుత్తుతో నింపితే అంత తేలికగా విడుదల అయి విద్యుత్తు ద్రవం జాడీ నుంచి బయటకు కారిపోవడానికి దోహదం చేస్తుంది.

లెడెన్ జాడీ ఒకసారి పూర్తిగా నిండితే అది చాలా ప్రమాదకరమని మొదట దీనితో ప్రయోగాలు చేసిన వారు నిర్ధారించారు. ఒక వేళ అజాగ్రత్త వల్ల గాజు జాడీ వెలుపలకున్న ఇత్తడి కడ్డీని తాకితే జాడీలో ఉన్న విద్యుత్ అంతా తాకిన చేతిలోకి ప్రవేశిస్తుంది.

ముస్‌చెన్ బ్రోక్ తన లెడెన్ జాడీని మొట్టమొదట నిర్మించినపుడు ఎంత పెద్ద మొత్తంలో నింపవచ్చు అన్న విషయం గ్రహించకుండానే జాడీని పరీక్షించాడు. ఇతడు ఇత్తడి కడ్డీని తాకినపుడు విద్యుత్ అదురు (షాక్)కు గురి అయ్యాడు. ఆ అదురు అతనిని నేలమీదికి నెట్టివేసింది. ఈ అదురు నుంచి కోలుకోవటానికి రెండు రోజులు పట్టింది (ఆ రెండు రోజులూ మంచం మీద ఉన్నాడు). ఈ సంఘటన జరిగినప్పటి నుంచి లెడెన్ జాడీని చాలా జాగ్రత్తగా ఉపయోగించేవాడు.

లెడెన్ జాడీ వేరే మార్గాలలో విడుదల (డిశ్చార్జ్) అయినపుడు విద్యుత్తు ద్రవం వెలుపలకి వచ్చినపుడు ఏమి జరుగుతుంది అన్నది చూడగలిగారు. ఒకవేళ లెడెన్ జాడీ సన్నని తీగలలోకి విద్యుత్తుని విడుదల చేస్తే తీగల ద్వారా ప్రవహించి వాటిని వేడి చేయడమే కాకుండా కరిగించివేసింది కూడా.

ఇప్పుడు లెడెన్ జాడీ పైన ఉన్న ఇత్తడి కడ్డీని ఒక లోహానికి దగ్గరగా అమర్చారనుకుందాం. ఒకవేళ లోహం ఇత్తడి కడ్డీని తాకితే ద్రవం లోహం

గుండా విడుదల అయిపోతుంది. జాడీకి గల ఇత్తడి కడ్డీని లోహం తాకనీయకుండా దగ్గరగా ఉంచినపుడు ఈ రెండింటికీ మధ్యన గాలి ఉంటుంది, గాలి వాహకం కాదు కాబట్టి జాడీ నుంచి ద్రవం విడుదల కాలేదు (డిశ్చార్జ్ అవ్వలేదు).

జాడీని లోహానికి దగ్గరగా జరుపుతున్న కొద్దీ మధ్యలో గల గాలి పొర సన్నబడుతూ వుంటుంది. కానీ పలుచని గాలిపొర పూర్తిగా బంధకం (వాహకం కాదు) అని చెప్పలేం. చివరికి ద్రవం విడుదల అవ్వకుండా ఉండటానికి కావలసినంత గాలిపొర లేకుండా సన్నబడుతుంది.

విద్యుత్తు ద్రవం బలవంతంగా లెడెన్ జాడీ నుంచి సన్నని గాలిపొర గుండా ప్రయాణించి లోహంలోకి చేరడానికి ప్రయత్నిస్తుంది. విద్యుత్తు ద్రవం గాలిగుండా ప్రయాణించినపుడు గాలిని వేడి చేస్తూంటుంది, అందువల్ల అది కాంతిని వెదజల్లుతూ వెలుగుతుంది. వేడిచేయబడిన గాలి వ్యాకోచించి తరువాత మళ్ళీ సంకోచిస్తుంది. ఈ విధంగా జరిగినపుడు దాని శక్తికొద్దీ శబ్దాన్ని వెలువరిస్తుంది. లెడెన్ జాడీనుంచి విద్యుత్తు ద్రవం విడుదల అయినపుడు (డిశ్చార్జి అయినపుడు) ఒక నిప్పురవ్వ లాంటి విద్యుత్తు రవ్వను (స్పార్క్), పెద్ద ధ్వనిని వెలువరిస్తుంది.

4. ధనాత్మకం (పోజిటివ్), రుణాత్మకం (నెగిటివ్)

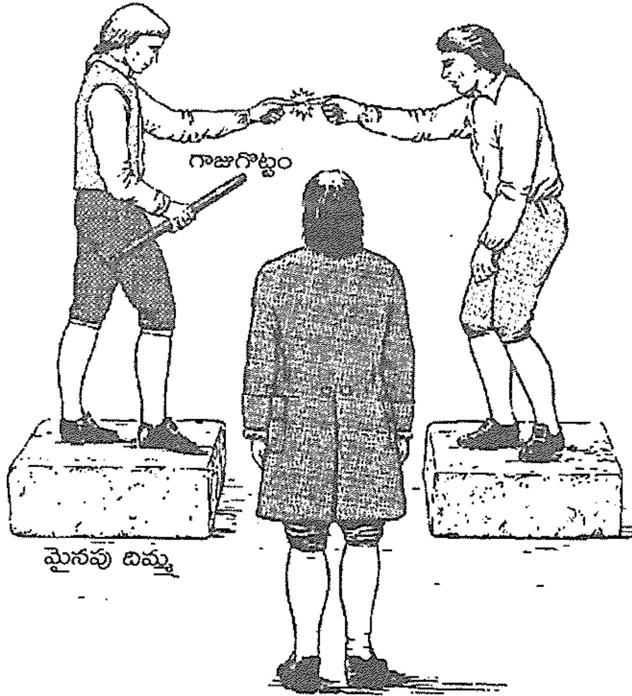
విద్యుత్తు, విద్యుచ్ఛక్తి మీద ప్రయోగాల గురించి వార్తలు అట్లాంటిక్ మహాసముద్రాన్ని దాటి పెన్‌సిల్‌వానియాను చేరాయి. అమెరికాలోని బ్రిటిషు కాలనీలలో పెన్‌సిల్‌వానియా ఒకటి. పెన్‌సిల్‌వానియాలో బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్ నివసించేవాడు. 1747లో ఇంగ్లాండ్ నుండి ఫ్రాంక్లిన్ ఒక లెడెన్ జాడీని పొందాడు. విద్యుత్తు ద్రవం ఎక్కణ్ణుంచి వస్తుందని ఫ్రాంక్లిన్ ఆశ్చర్యపడ్డాడు. ఎవరైనా గాని గాజు కడ్డీని రుద్దితే అది విద్యుత్తుతో నిండుతుంది, ఈ విద్యుత్ ద్రవం ఎక్కడనుంచి వచ్చింది? ఒకవేళ రుద్దిన చేతినుంచి ఏమైనా వచ్చిందా? అయితే మరి ఆ చేతిలోకి ఎక్కడినుంచి వచ్చింది? బహుశా భూమి నుంచి వచ్చిందేమో?

ఫ్రాంక్లిన్ దీనిని పరీక్షించాలని నిర్ణయించాడు. ఒక పెద్ద మైనపు దిమ్మ పైన ఒక మనిషిని నిలబెట్టాడు. మైనం వాహకం కాదు. మనిషి మైనాన్ని తన చుట్టూ వున్న గాలిని తప్ప దేనినీ తాకనంత వరకూ విద్యుత్తు అతనిలోకి ప్రవేశించలేదు.

మైనపు ముద్ద పైన నిలబడి ఉన్న మనిషి ఒక గాజు కడ్డీని సాధారణ పద్ధతిలో రుద్దినపుడు గాజు కడ్డీ విద్యుదీకరణం చెందుతుంది. ఇది తేలికైన వస్తువులను ఆకర్షించింది. అయితే ఈ విద్యుత్తు ఎక్కడ నుంచి వచ్చింది?

విద్యుత్తు ఖచ్చితంగా మనిషి నుంచే రావాలి. మనిషి ఎల్లప్పుడూ తనలో విద్యుత్తును కలిగి ఉండాలి. కానీ ఏవో కారణాలవల్ల అది బయటకు వెలువడటం లేదు. అతడు గాజు కడ్డీని రుద్దినపుడు కొంత విద్యుత్తు కడ్డీలోనికి ప్రవేశించింది. కానీ తరువాత కడ్డీని రుద్దిన మనిషి సంగతి ఏమిటి? కడ్డీలోకి ప్రవేశించిన విద్యుత్తు ద్రవాన్ని అతడు నష్టపోయాడు. అయితే దీని పర్యవసానం ఏమిటి?

మైనపు దిమ్మలపై నించున్న మనుషులతో ప్రయోగం



ఈ విషయాలను ఇంకా పరీక్షించడానికి ఫ్రాంక్లిన్ మరో మైనపు ముద్దను తీసుకొని దానిపైన మరో మనిషిని ఉంచాడు. రెండవ వ్యక్తిని మొదటి వ్యక్తి విద్యుదీకరణం చెందిన గాజు కడ్డీతో తాకాడు. విద్యుత్తు ద్రవం రెండవ వ్యక్తిలోకి ప్రవేశించింది. రెండవ వ్యక్తి కూడా విద్యుదీకరణం చెందాడు. రెండవ వ్యక్తి తేలికైన వస్తువులను ఆకర్షించాడు.

ఒక వాహకానికి దగ్గర అతడి చేతివేలిని ఉంచినపుడు అక్కడ ఒక విద్యుత్తు రవ్వ పుట్టింది. అంతేకాకుండా విద్యుత్తు రవ్వ పుట్టిన తరువాత ఎంత సమయమైనా అతను విద్యుదీకరణం చెందినట్లు ప్రవర్తించలేదు, కారణం అతనిలోని విద్యుత్తు అంతా విడుదల అయిపోయింది.

కానీ విద్యుత్తు ద్రవాన్ని నష్టపోయి రెండవ వ్యక్తికి చేర్చిన మొదటి వ్యక్తి సంగతి ఏమిటి? అతడు కూడా ద్రవాన్ని పోగొట్టుకోవడం ద్వారా విద్యుదీకరణం చెందాడు. అతను కూడా తేలికైన వస్తువులను ఆకర్షించాడు, విద్యుత్తు రవ్వ వచ్చినప్పుడు ఇతని నుంచి కూడా విద్యుత్తు ద్రవం విడుదల కావాలి.

ఇంకా ఏమిటంటే, ఇద్దరు వ్యక్తులు వేరు వేరు విద్యుదావేశాలను కలిగి ఉన్నారు. గాజు కడ్డీ ద్వారా విద్యుదీకరణం చెందిన రెండవ వ్యక్తి, డు ఫే గుర్తించినట్లు గాజు-విద్యుత్తు ద్రవాన్ని కలిగి ఉన్నాడు. మొదటి వ్యకి గుగ్గిలం-విద్యుత్తు ద్రవాన్ని కలిగి ఉన్నాడు.

చిన్న చిన్న బెండు ముక్కలను తయారు చేసి తద్వారా ఈ విషయాన్ని సరిచూడవచ్చు. కొన్ని గాజు కడ్డీ ద్వారా మరి కొన్ని గుగ్గిలం కడ్డీ ద్వారా విద్యుదీకరణం గావించి తరువాత ఏ బెండు ముక్కలు ఏ వ్యక్తిని ఆకర్షిస్తున్నాయి, ఏ బెండు ముక్కలు ఏ వ్యక్తిని వికర్షిస్తున్నాయి అన్న విషయాన్ని మనం చూడవచ్చు.

ఇదంతా చూడగా ఫ్రాంక్లిన్‌కు ఏమనిపించిందంటే, ప్రతీ వస్తువు ముందే తనలో కొంత విద్యుత్తు ద్రవాన్ని కలిగి వుంటుంది కానీ విద్యుదీకరణం చెందని వాటిగా ప్రవర్తిస్తాయి. ఈ వస్తువులు ఎటువంటి ఆకర్షణ గుణాన్ని చూపించవు అంటే దేనినీ ఆకర్షించవు.

రుద్దడం అనే ప్రక్రియ ద్వారా కొంత విద్యుత్తు ద్రవం వస్తువులోకి ప్రవేశిస్తుంది లేదా వస్తువునుంచి బయటకు వెలువడుతుంది. అందువల్ల రుద్దిన తరువాత ఏదైనా వస్తువులోని విద్యుత్తు ద్రవం సాధారణ పరిస్థితులలోని విద్యుత్తు ద్రవం కన్నా ఎక్కువగా గాని లేదా తక్కువగా గాని వుంటుంది. రెండు పరిస్థితులలోనూ ఉన్న వస్తువులు తనలో విద్యుదావేశం (ఎలక్ట్రిక్ చార్జ్) ఉన్నట్లు

ప్రవర్తిస్తున్నాయి. ఒకవేళ సాధారణ పరిస్థితులలోని విద్యుత్తు ద్రవం కన్నా ఎక్కువగా కలిగి ఉంటే దానిని ధనావేశం (పోజిటివ్ ఛార్జ్) అని తక్కువగా కలిగి ఉంటే దానిని రుణావేశం (నెగిటివ్ ఛార్జ్) అని ఫ్రాంక్లిన్ అన్నాడు. రెండు వస్తువులు ధనావేశాన్ని కలిగి ఉన్నప్పుడు ఒకదానినొకటి వికర్షించు కుంటాయి. ఎందుకంటే రెండు వస్తువులూ సరిపోయినదాని కంటే ఎక్కువ విద్యుత్తుని కలిగి ఉన్నాయి, ఏ వస్తువుకూ ఇతర వస్తువులలో ఉన్న విద్యుత్తుతో ఉపయోగంలేదు (వాటిలో కూడా ఎక్కువ విద్యుత్తు ఉంది కాబట్టి). ఒకవేళ రెండు వస్తువులూ రుణావేశాన్ని కలిగి ఉంటే, అవికూడా ఒకదానినొకటి వికర్షించుకుంటాయి, ఎందుకంటే రెండు వస్తువులూ కావలసినదానికంటే తక్కువ విద్యుత్‌ని కలిగి ఉన్నాయి. కాబట్టి ఏ ఒక్క వస్తువు రెండవదానికి విద్యుత్తు ఇవ్వదు.

ఒక వస్తువు ధనావేశాన్ని కలిగి ఉండి వేరొక వస్తువు రుణావేశాన్ని కలిగి ఉంటే పరిస్థితులు వేరుగా ఉంటాయి. ధనావేశాన్ని కలిగి ఉన్న వస్తువు కావలసినదాని కంటే ఎక్కువ విద్యుత్తు ద్రవాన్ని కలిగి ఉంటుంది కాబట్టి ఇది ద్రవాన్ని ఇవ్వగలదు. రుణావేశాన్ని కలిగి ఉన్న వస్తువు కొంత విద్యుత్తు ద్రవాన్ని కోల్పోయి ఉంటుంది కాబట్టి దీనికి విద్యుత్తు ద్రవం అవసరం. అందువల్ల రెండు వస్తువులూ ఒకదానినొకటి ఆకర్షించుకుంటాయి. అంతేకాక రెండూ ఒకదానినొకటి తాకినపుడు విద్యుత్తు ద్రవం ధనావేశం గల వస్తువునుంచి రుణావేశం గల వస్తువులోకి ప్రయాణిస్తుంది. చివరికి రెండూ సరిపోయినంత విద్యుత్తుని కలిగి ఉంటాయి. పైగా ఏ ఒక్కటీ ఆవేశాన్ని పొందదు, కారణం ఏమిటంటే రెండు వ్యతిరేక ఆవేశాలు ఒకదానినొకటి తటస్థ పరుచుకున్నాయి.

ఫ్రాంక్లిన్ దీనిని సరిచూశాడు. ఒక వ్యక్తి రుద్దిన గాజు కడ్డీతో ఇంకొక వ్యక్తిని తాకాడు. ఇప్పుడు ఒక వ్యక్తి చాలా ఎక్కువ విద్యుత్తు ద్రవాన్ని వేరొక వ్యక్తి చాలా తక్కువ విద్యుత్తు ద్రవాన్ని కలిగి ఉన్నారు. ఇద్దరూ విద్యుత్తు పరంగా ఆవేశం చెందినవారే-ఒకరు ధనావేశంతోను (విద్యుత్తు ద్రవాన్ని ఎక్కువగా కలిగిన వ్యకి) వేరొకరు రుణావేశంతోను(విద్యుత్తు ద్రవాన్ని తక్కువగా కలిగిన వ్యక్తి) ఆవేశం చెంది ఉన్నారు.

ఇద్దరు వ్యక్తులూ చేతులు చాచి వారి చేతి వేళ్లను దగ్గరగా ఉంచారు. చాలా దగ్గరగా వచ్చిన తరువాత విద్యుత్తు ద్రవం ఒక వ్యక్తి నుంచి వేరొక వ్యక్తిలోకి దూకింది. రెండ వేళ్ల మధ్యన ఒక ప్రకాశవంతమైన నిప్పులాంటి విద్యుత్తు రవ్వ ఎగిరింది. ఆ ఇద్దరు వ్యక్తులు దీని ప్రభావం వల్ల వారి వేళ్లు అదిరినట్లు భావించారు. ఆ తరువాత వీరిద్దరిలో ఏ ఒక్కరు కూడా విద్యుదీకరణం చెందినట్లు ప్రవర్తించలేదు.

ఇప్పుడు మనకి ప్రశ్న ఏంటంటే ఏ రకమైన ఆవేశం ధనావేశం అవుతుంది, ఏ రకమైన ఆవేశం రుణావేశం అవుతుంది? గాజు గొట్టాన్ని సిల్కుతో రుద్దినపుడు చివరకు గాజుగొట్టం తనలో సాధారణ పరిస్థితులలోని విద్యుత్ ద్రవం కన్నా ఎక్కువ విద్యుత్తు ద్రవాన్ని కలిగి ఉందా లేక తక్కువ విద్యుత్తు ద్రవాన్ని కలిగి ఉందా? దీని పరిష్కారం ఫ్రాంక్లిన్ ఖచ్చితంగా చెప్పలేదు. కాని అతను ఈ కింది విధంగా ఊహించాడు.

గాజు గొట్టాన్ని రుద్దిన తరువాత సాధారణ పరిస్థితులలోని విద్యుత్ ద్రవం కంటే తక్కువ విద్యుత్ ద్రవాన్ని కలిగి ఉంటుందని ఫ్రాంక్లిన్ నిర్ణయించాడు. ఇది రుణావేశాన్ని కలిగి ఉంది. అంటే గుగ్గిలం కడ్డీ వేరొక రకం ఆవేశాన్ని అంటే ధనావేశాన్ని కలిగి ఉంది. మిగిలిన అన్ని రకాల విద్యుదావేశాలు గుగ్గిలం కడ్డీమీద ఉన్న ఆవేశంతో గాని లేదా గాజు కడ్డీమీద ఉన్న ఆవేశంతో గాని పోల్చబడ్డాయి. అంతేకాక వాటి ప్రవర్తన బట్టి అవి గుగ్గిలం కడ్డీలాగా లేదా గాజు కడ్డీలాగా ప్రవర్తిస్తున్నాయా అన్నదాని బట్టి అవి ధనావేశం లేదా రుణావేశాలుగా గుర్తించబడ్డాయి.

(చాలా సంవత్సరాల తరువాత, ఫ్రాంక్లిన్‌కు అందుబాటులో లేని కొత్త కొత్త నిజాలతోను, పద్ధతులతోను శాస్త్రజ్ఞులు చాలా లోతుగా పరిశీలించగలిగారు. చివరికి ఫ్రాంక్లిన్ తప్పుగా ఊహించాడు అన్నది కనుగొన్నారు. గాజుగొట్టం తనలో సాధారణ పరిస్థితులలోని విద్యుత్తు ద్రవం కన్నా ఎక్కువ విద్యుత్తు ద్రవాన్ని, గుగ్గిలం తనలో సాధారణ పరిస్థితులలోని విద్యుత్తు ద్రవం కన్నా తక్కువ విద్యుత్తు ద్రవాన్ని కలిగి ఉన్నాయి. అయినప్పటికీ ఫ్రాంక్లిన్ ప్రాథమిక సిద్ధాంతం మీద దీని ప్రభావం లేదు.)

ఫ్రాంక్లిన్ ఒకసారి విద్యుత్తు ద్రవం యొక్క ప్రవర్తనను పరిశోధించిన తరువాత, లెడెన్ జాడీ ఎలా పనిచేస్తుంది అన్నది విశదీకరించి, తెలియపరచ గలిగాడు. ఏదో ఒకరకమైన సాధారణ పదార్థాన్ని తీసుకొని రుద్దినపుడు దానిలో ధనావేశం లేదా రుణావేశం మాత్రమే చేరుతాయి. ఎక్కువ విద్యుదావేశాన్ని దానిలో నింపి ఉంచినపుడు ఇంకా ఎక్కువ ఆవేశాన్ని నింపడానికి చాలా కష్టం అవుతుంది. కొంతసేపటి తరువాత అది ఎంతవరకు తనలో ద్రవాన్ని నింపుకో గలదో అంతవరకు చేరుతుంది.

లెడెన్ జాడీలోని గాజుకు ఒకవైపుగల లోహపు పూత రుణావేశాన్ని వేరొకవైపు గల లోహపు పూత ధనావేశాన్ని కలిగి ఉంటాయి. రెండు లోహపు పూతల మధ్యన గల గాజు రెండు లోహపు పూతలు కలసి ఆవేశాలు తటస్థం చెందకుండా చూస్తుంది. గాజుకి ఇరువైపులా గల లోహపు పూతల పైన గల రుణావేశం, ధనావేశాలు ఒకదానినొకటి ఆకర్షించుకుంటాయి. దీనివల్ల లోహపు పూతల మీద గల మొత్తం ఆవేశం, అంతే పరిమాణం గల ఏదైనా పదార్థం పైన గల ఆవేశంకన్నా ఎక్కువగా ఉంటుంది.

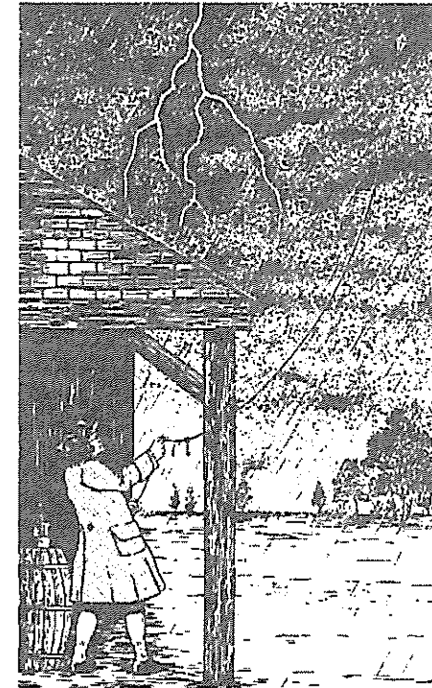
తరువాత ఫ్రాంక్లిన్, లెడెన్ జాడీ నుంచి ఆవేశం విడుదల అయినప్పుడు వెలువడ్డ విద్యుత్ రవ్వల మీద, శబ్దాలమీద దృష్టి కేంద్రీకరించాడు. విద్యుదావేశం గల రెండు వస్తువుల మధ్య ఎగిరే రవ్వ అతడికి తుఫాను సమయంలో వచ్చే మెరుపును గుర్తు చేసింది.

ఉరుములు, మెరుపులు అసలు ఎందుకు వస్తాయి? వాటి లక్షణం ఏమిటి? బహుశా తుఫాను వచ్చినప్పుడు మేఘాలు, భూమి కలిసి ఒక పెద్ద లెడెన్ జాడీలా ప్రవర్తిస్తున్నాయేమో? బహుశా మేఘాలు రుణావేశాన్ని, భూమి ధనావేశాన్ని (లేదా మేఘాలు ధనావేశాన్ని, భూమి రుణావేశాన్ని) ఉత్పత్తి చేస్తున్నాయేమో? ఈ రెండింటికి మధ్యన గల గాలి బంధకంలా పని చేస్తుంది. మేఘాలలోను, గాలిలోను ఎప్పుడైతే సరిపోయినంత ఆవేశం పోగవుతుందో, అందులో విద్యుత్ ద్రవం విడుదల అవ్వడానికి బలవంతంగా గాలి ద్వారా మార్గాన్ని ఏర్పరచుకుంటుంది. ఇలా జరిగినప్పుడే పెద్ద మొత్తంలో వెలువడే విద్యుత్తు రవ్వని "మెరుపు" అని, పెద్దమొత్తంలో వెలువడే శబ్దాన్ని "ఉరుము" అని మనం పిలుస్తూ ఉంటాం.

విద్యుత్తు ద్రవం విడుదల అవ్వడానికి ముందు విద్యుదావేశం చాలా పెద్ద మొత్తంలో పోగవుతుంది. అందుకే విడుదల కూడా చాలా ఎక్కువగా ఉంటుంది. ఇంత విద్యుత్తు ద్రవాన్ని ఇంటి ద్వారా గాని విడుదల చేస్తే దానికి వల్ల ఉత్పత్తి అయ్యే ఉష్ణం ఇంటిని కాల్చి వేస్తుంది. ఒకవేళ ఇంత ద్రవం మనిషి ద్వారా గాని విడుదల అయితే ఆ మనిషి చచ్చిపోయే ప్రమాదముంది.

తుఫాను వచ్చిన సమయంలో గాలిపటాన్ని ఎగరేసి దీనిని పరీక్షించ వచ్చుననే ఒక ఆలోచన జూన్ 1752 ఫ్రాంక్లిన్‌కి వచ్చింది. చెక్క చట్రంతో చేసిన గాలిపటానికి సూదిగా వున్న లోహపు కడ్డీని కట్టి దానికి కొంచం పొడవుగా వున్న లోహపు తీగను తగిలించాడు. గాలిపటాన్ని ఎగరేయడానికి ఉపయోగించిన దారం కింది కొనకి బంధకంతో కప్పి ఉన్న మరో తీగ (మనం ఇంట్లో విద్యుత్ ప్రసారానికి వాడేది) కొనను అతికించి రెండవ కొనను ఒక లోహపు తాళం చెవికి తగిలించాడు.

గాలిపటంతో ఫ్రాంక్లిన్ ప్రయోగం



ఒకవేళ మేఘాలలో గనక విద్యుత్తు ఉంటే అది గాలిపటానికి అమర్చిన లోహపు కడ్డీలోనికి ప్రవేశించి తద్వారా తడిసిన దారం గుండా కిందకు ప్రయాణించి దీనికి అమర్చిన తీగ ద్వారా తాళంచెవికి చేరుతుంది. ఈ విద్యుత్తుని ఫ్రాంక్లిన్ తనలోకి ప్రసరింప చేయదలచుకోలేదు, ఎందుకంటే దీనివల్ల కలిగే విద్యుత్ అదురు (షాక్) అతని ప్రాణానికే ముప్పు తెస్తుందని అతడు గ్రహించాడు. అందుచేత అతడు గాలిపటాన్ని ఎగరేయడానికి ఉపయోగించిన దారం అడుగు భాగాన గల తీగకి (గంధకపు పొరతో కప్పబడి ఉంది) ఒక సిల్కు దారాన్ని కట్టి అతడు సిల్కు దారాన్ని పట్టుకున్నాడు. సిల్కు దారాన్ని అతను పొడిగా ఉంచినంతవరకూ దాని ద్వారా విద్యుత్ ప్రయాణించదు. కాబట్టి ఇతడు గాలిపటాన్ని ఎగరేసినప్పుడు పైకప్పు ఉన్న ప్రాంతంలో నుంచుని తడవకుండా చాలా జాగ్రత్త పడ్డాడు.

(ఉరుములు, మెరుపులతో కూడిన తుఫానులో గాలిపటాన్ని ఎగరేయడం చాలా ప్రమాదకరం. ఇలా చేయడం వల్ల చాలామంది చచ్చిపోయారు. కాబట్టి దయచేసి మీరు ప్రయత్నించవద్దు.)

తుఫానులో మేఘాలు దగ్గరకు చేరాయి. కొంత సమయం తరువాత గాలిపటం దారానికి అడుగున అమర్చిన తీగలోని నారలు ఒకదానినొకటి దూరంగా జరిగాయనే విషయాన్ని ఫ్రాంక్లిన్ గుర్తించాడు నారలు అన్నీ ఒకేసారి, ఒకే సమయంలో విద్యుత్‌ను గ్రహించినప్పటికీ అవి ఒకదానినొకటి వికర్షించుకున్నాయి.

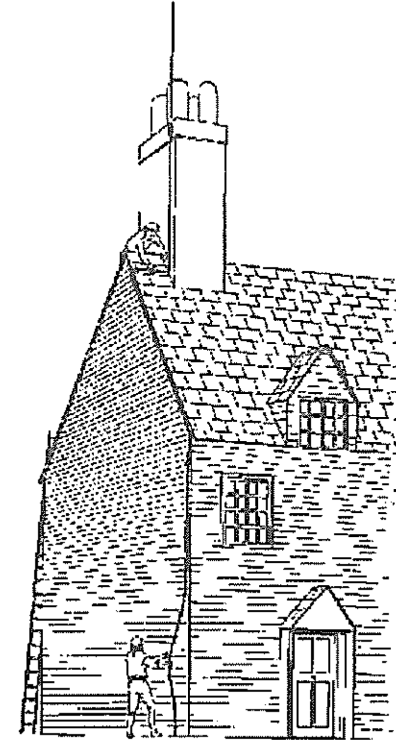
ఫ్రాంక్లిన్ గాలిపటాన్ని పట్టి ఉంచిన దారానికి అడుగు భాగాన గల తాళం చెవి దగ్గర నెమ్మదిగా చాలా జాగ్రత్తగా తన చేతివేలిని ఉంచాడు. తాళంచెవి నుంచి అతని చేతివేలికి విద్యుత్తు రవ్వ ఎగిరింది. దీని ప్రభావం వల్ల అతని చేతి వేళ్ళు అదిరినట్లు అనిపించింది. ఇది ప్రయోగాశాలలో విద్యుత్తు ద్రవం విడుదల అయ్యినప్పుడు వెలువడిన విద్యుత్ రవ్వ, దాని ప్రభావాలను పోలి వుంది.

ఆవేశాన్ని నింపని జాడీని ఫ్రాంక్లిన్ తన వెంట తెచ్చుకున్నాడు. లెడెన్ జాడీకి గల ఇత్తడి కడ్డీని తాళం చెవికి తాకించి తరువాత జాడీని పరీక్షించాడు.

జాడీ విద్యుదావేశంతో నిండిపోయింది. ఇది గాజు కడ్డీని విద్యుదీకరణం చేయడం ద్వారా ఉత్పత్తి అయిన విద్యుత్‌లాగే ప్రవర్తించింది.

మెరుపు ఒక విద్యుత్తు రవ్వ అని ఫ్రాంక్లిన్ నిరూపించగలిగాడు. మేఘాలలో ఉత్పత్తి అయ్యే విద్యుత్తు, ప్రయోగశాలలో ఉత్పత్తి అయ్యే విద్యుత్తు ఒకటేనని నిరూపించాడు.

పొగగొట్టం పైన మెరుపు కడ్డీ



ఫ్రాంక్లిన్ వేరే ప్రయోగాలను చేయసాగాడు. 1747లో తాను గాలిపటాన్ని ఎగరేసి విద్యుత్తుని గ్రహించిన మొదటి లెడెన్ జాడీ మీద ప్రయోగం చేశాడు. కానీ మొద్దుబారిన కొనతో ఉన్న ఇత్తడి కడ్డీకి బదులుగా సూది కొనతో ఉన్న ఇత్తడి కడ్డీని ఉపయోగించాడు.

ఈ లెడెన్ జాడీ చాలా తేలికగా డిశ్చార్జ్ (విడుదల) అవ్వడానికి తోడ్పడుతుందని కనుగొన్నాడు. లెడెన్ జాడీలోకి ఆవేశాన్ని పంపించవచ్చు. కానీ ఆవేశం సూదికొన ద్వారా బయటకు విడుదల (లీక్) అయిపోతుంది. ఎంత వేగంతో నిండుతుందో అంతే వేగంతో విడుదల (లీక్) అయిపోతుంది.

ఎప్పుడైతే ఉరుములుతో కూడిన తుఫాను సమయంలో మేఘాలు, భూమి కలసి ఒక పెద్ద లెడెన్ జాడీగా పని చేస్తుంది అని ఫ్రాంక్లిన్ నిరూపించాడో, మేఘాలు, భూమిలో ఉన్న ఆవేశాన్ని ఒక సూదికొన తేలికగా విడుదల చేయగలదు అని ఆలోచించాడు.

ఒక వేళ ఇంటి పైకప్పు మీద సూదిగా ఉన్న లోహపు కడ్డీని అమర్చి దానిని తీగలు ఉపయోగించి భూమికి కలిపినపుడు ఇల్లు, ఇంటి చుట్టూ ఉన్న కొంత ప్రదేశం వరకూ పెద్ద మొత్తంలో ఆవేశం పోగవ్వదు. ఒకవైపు ఆవేశంతో నిండుతూ ఉంటే ఇంకోవైపు విడుదల అయిపోతూ ఉంటుంది. కాబట్టి ఎక్కువ ఆవేశాన్ని ఒకేసారి విడుదల చేయవలసిన అవసరం ఎప్పుడూ ఉండదు. అంటే ఉరుములు, మెరుపులు వల్ల ఇంటికి ప్రమాదం ఉండదు.

ఫ్రాంక్లిన్ గాలిపటం ప్రయోగం చేసిన తరువాత, 1753లో సూదికొన ఉన్న లోహపు కడ్డీని ఉపయోగించి ఉరుములు, మెరుపుల (పిడుగులు) నుంచి ఇంటిని ఎలా కాపాడుకోవచ్చో ప్రపంచానికి తెలియపరిచాడు. ప్రజలు ఈ సూదికొన ఉన్న కడ్డీలను (మెరుపు కడ్డీలు) ఇళ్ళమీద, కట్టడాల మీద ఉపయోగించడం ప్రారంభించారు. ఈ విధంగా విద్యుత్తు విజ్ఞానం ప్రథమంగా ప్రజలకు ఉపయోగపడింది.

5. బేటరీలు - జెనరేటర్లు

1771లో విద్యుత్తు ప్రయోగాలు కొత్త విధానాలను సంతరించుకున్నాయి. లుయిగి గాల్వని అనే ఇటలీ జీవశాస్త్రజ్ఞుడు (బయాలజిస్ట్) లెడెన్ జాడీలతో ప్రయోగాలు ప్రారంభించాడు. విద్యుత్తుతో సంబంధం లేని ఒక ప్రయోగంలో ఇతడు కప్ప కాళ్ళతో అధ్యయనం చేశాడు.

లెడెన్ జాడీనుంచి వెలువడిన విద్యుత్ మెరుపు కప్పకాళ్ళలో ఒకదానిని బలంగా తాకింది. దీనివల్ల కప్పకాలు అకస్మాత్తుగా ముడుచుకుపోయింది. అదిచూసి గాల్వని కొంచెం ఆశ్చర్యపడ్డాడు. ఎందుకంటే సాధారణంగా కండరాలు ప్రాణి బతికి ఉన్నప్పుడు మాత్రమే కదులుతాయి. కానీ విద్యుత్తు వల్ల చచ్చిపోయిన కండరాలు బతికి ఉన్న కండరాల లాగానే ప్రవర్తించాయి. విద్యుత్తును ఉపయోగించి చచ్చి పోయినవి జీవించినట్లు పనిచేసే విధంగా ఏమైనా చేయవచ్చా?

ఫ్రాంక్లిన్ ప్రయోగం వల్ల గాల్వనికి మెరుపు ఒక పెద్ద విద్యుత్తు రవ్వ అని ఖచ్చితంగా తెలిసింది. ఇతర ఉరుములు, మెరుపులు వచ్చినపుడు కిటికీకి అవతలవైపు (ఇంటి లోపలవైపు కాకుండా) కొన్ని కప్ప కాళ్ళను తగిలించాడు.

తుఫాను వల్ల మేఘాలు, గాలి, భూమి విద్యుత్తుతో నిండినపుడు చచ్చిపోయిన కండరాలు ఏమైనా అకస్మాత్తుగా కదులుతాయా అని ఎదురు చూడసాగాడు.

మెరుపులు, ఉరుములతో కూడిన తుఫాను వచ్చినప్పుడు వీధిలోకి ఎగిరిపోకుండా ఉండడానికి కొన్ని కప్ప కాళ్ళను ఇత్తడి కొక్కేలకి అమర్చాడు. వీటిని కిటికీకి అవల వైపు ఉన్న ఇనుప చువ్వల మీద వేశాడు. కండరాలు అకస్మాత్తుగా ముడుచుకుపోయి కొంత సమయం అలాగే ఉండిపోవడం కనిపించింది.

కానీ తరువాత మెరుపులు, ఉరుములతో కూడిన తుఫాను లేనప్పుడు, అంటే వాతావరణం సాధారణంగా ఉన్నప్పుడు మళ్ళీ ఈ ప్రయోగాన్ని చేశాడు. ఈసారి కూడా కండరాలు అప్రయత్నంగా ముడుచుకుపోయాయి. ఈ విషయాన్ని జాగ్రత్తగా పరిశీలించాడు గాల్వని. మెరుపులు, ఉరుములు లేనప్పుడు కూడా కప్ప కాళ్ళు ఎందుకు కదులుతున్నాయి? నిజానికి కప్ప కాళ్ళు ఎప్పుడైతే రెండు వేరు వేరు లోహాలను ఒకే సమయంలో తాకుతూ ఉంటాయో (ఉదాహరణకి పైన పేర్కొన్న ప్రయోగంలో ఇత్తడి, ఇనుము) అప్పుడు కండరాలు అప్రయత్నంగా ముడుచుకుపోతున్నాయి.

విద్యుత్తుకి జీవస్థితికి మధ్య ఖచ్చితంగా ఏదో దగ్గర సంబంధం ఉంటుందని గాల్వని ఊహించాడు. బతికి ఉన్నవన్నీ విద్యుత్తుతో నిండి ఉంటాయి. కానీ జంతువులలో ఉన్న విద్యుత్తు మాత్రం చచ్చిపోయిన వెంటనే ఒక్కసారిగా మాయం (విడుదల) కాదు అని ఇతడి అభిప్రాయం. అందుకే చచ్చిపోయిన తరువాత కూడా వేరువేరు లోహాలను ఒకేసారి తాకితే కండరాలు అప్రయత్నంగా ముడుచుకుపోతాయి.

తరువాత అల్లెస్సాండ్రో వోల్టా అనే వేరొక ఇటలీ శాస్త్రజ్ఞుడు ఈ కండరాల ఆకస్మిక కదలిక గురించి ఆశ్చర్యపడి దీనిమీద దృష్టి కేంద్రీకరించాడు. ఇతడు విద్యుత్‌తో ప్రయోగాలు చేసి ఉన్నాడు. ఇతడు కండరాలు అంత ఎక్కువ విద్యుత్‌ను కలిగి ఉంటాయన్న విషయాన్ని అంగీకరించలేకపోయాడు.

కండరాలు వేరు వేరు లోహాలను ఒకే సమయంలో తాకినప్పుడు ఒకవేళ విద్యుత్తు కండరాల నుంచి కాక లోహాల నుంచి ఉత్పత్తి అయి ఉండవచ్చు. ఒకవేళ ఈ విషయం నిజం అయ్యుంటే కండరాలు లేకుండా ఒక్క లోహాలను మాత్రమే ఉపయోగించి విద్యుత్తును ఉత్పత్తి చేయవచ్చు. రెండు వేరు వేరు

లోహాలకు అడ్డంగా తేమను కలిగి ఉన్న కండరాలను తాకించడానికి బదులు తేమగా ఉన్న ఒక గట్టి అట్ట ముక్కను తాకిస్తే ఏమౌతుంది?

1794లో రుద్దడం అనే ప్రక్రియ జరపకుండా, ఏరకమైన జీవాణువులతో ఏర్పడిన కండరాలను ఉపయోగించకుండా విద్యుత్తుని ఉత్పత్తి చేయవచ్చు అన్న విషయాన్ని వోల్టా కనుగొన్నాడు. రెండు వేరు వేరు లోహాలను ఉప్పు నీటిలో ఉంచినప్పుడు ఉప్పు నీరు వాహకంగా పనిచేసి లోహాలు రసాయనిక మార్పులకు గురౌతాయి. ఈ రసాయనిక చర్యలు ఏదో ఒక విధంగా విద్యుత్తుతో సంబంధాలను ఏర్పరుస్తాయి. ఒక లోహం విద్యుత్తు ద్రవాన్ని గ్రహించడం ద్వారా ధనావేశంగాను, వేరొక లోహం విద్యుత్తు ద్రవాన్ని కోల్పోవడం ద్వారా ఋణావేశంగాను మారతాయి.

ఎంత వీలైతే అంత ఆవేశాన్ని పోగుచేయాలని వోల్టా ప్రయోగాలు చేయసాగాడు. క్రీ.శ. 1800 సంవత్సరంలో ఉప్పు నీటితో కూడిన పాత్రలను ఒక శ్రేణిగా అమర్చాడు. ఒక రాగి పేలికను (చిన్న బద్ద, స్ట్రిప్) మొదటి పాత్ర నుంచి రెండవ పాత్రలోకి వంచి అమర్చాడు. ఒక తగరపు పేలికను రెండవ పాత్రనుంచి మూడవ పాత్రలోకి వంచి అమర్చాడు. తరువాత రాగి పేలికను మూడవ పాత్ర నుంచి నాలుగవ పాత్రలోకి వంచి అమర్చాడు. తరువాత తగరపు పేలికను ఈ రకంగా అమర్చాడు. ప్రతీ లోహపు పేలిక తరువాత పాత్రలోని లోహపు పేలికకు కలపబడి ఉంటుంది (ఉప్పునీరు వాహకం కాబట్టి).

అన్ని రాగి పేలికలు ధనావేశాన్ని, అన్ని తగరపు పేలికలు ఋణావేశాన్ని పొందాయి. అన్ని ఆవేశాలు కలిస్తే ఒక్క పాత్ర ఉపయోగించినప్పుడు వచ్చిన ఆవేశంకంటే చాలా ఎక్కువ ఆవేశం వస్తుంది.

వోల్టా ఒక లోహపు తీగను ఉపయోగించి పాత్రలను ఒక చివర ఉన్న తగరపు పేలికను వేరొక చివరన ఉన్న రాగి పేలికను కలిపాడు. ఒక చివరను ఎక్కువగా ఉన్న విద్యుత్తు ద్రవం లోహపు తీగ ద్వారా వేరొక చివరకు ప్రయాణిస్తుంది. ఎందుకంటే వేరొక చివర విద్యుత్తు ద్రవం తక్కువ ఉంటుంది కాబట్టి.

రాగి, తగరపు పేలికలలో రసాయనిక మార్పులు జరిగి ఒక చివరను ధనావేశం, వేరొక చివరన రుణావేశం పోగవుతాయి. రసాయనిక మార్పు జరిగినంత వరకూ లోహపు తీగ ద్వారా విద్యుత్తు ప్రయాణిస్తుంది.

శ్రేణి సంధానంలో ఉన్న అలాంటి వస్తువులను ఆ వస్తువుల "బేటరీ" అని మనం పిలవవచ్చు. వోల్టా ప్రయోగంలో ఉప్పు నీటితో కూడిన పాత్రలలో శ్రేణీ సంధానంలో అమర్చిన లోహపు పేలికలు విద్యుదావేశాన్ని ఉత్పత్తి చేస్తున్నాయి కాబట్టి దీనిని "విద్యుత్తు బేటరీ" అని పిలిచారు. "విద్యుత్ బేటరీ"ని వోల్టా మొదటిసారిగా కనుగొన్నాడు.

వోల్టా కాలం వరకూ ప్రయోగాలు చేసిన విద్యుత్తు అంతా ఒక నిర్ధిష్టమైన వస్తువులో ఉన్న విద్యుత్తు. దీనిలో విద్యుత్తు చాలా కష్టం మీద ప్రయాణించేది కాబట్టి దీనిని స్థిర (స్టాటిక్) విద్యుత్తు అని పిలిచేవారు. లాటిన్ భాషలో స్టాటిక్ అంటే ఒకే దగ్గర కదలకుంటా నిలబడేది అని అర్థం.

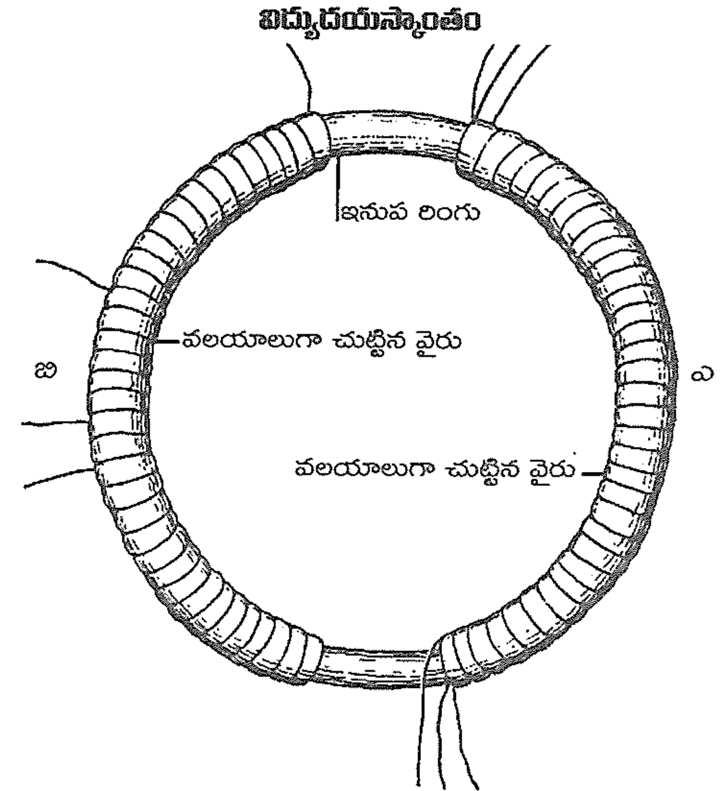
వోల్టా బేటరీ ఉత్పత్తి చేసే విద్యుత్తు ఒక తీగ ద్వారా స్థిరంగా చాలా సమయం ప్రయాణిస్తుంది. ఇతడు మొట్టమొదటి విద్యుత్తు ప్రవాహం (ఎలక్ట్రిక్ కరెంటు)ను ఉత్పత్తి చేశాడు.

ఈ కొత్త విద్యుత్తు సాధనంతో చాలామంది ప్రయోగాలు ప్రారంభించారు. వీరు కొత్తరకమైన, మేలైన బేటరీలను నిర్మించారు. ఒకవేళ రసాయనిక మార్పులు విద్యుత్తు ప్రవాహాన్ని (కరెంటు) ఉత్పత్తి చేస్తే విద్యుత్తు ప్రవాహాన్ని ఉపయోగించి రసాయనిక మార్పులను ఉత్పత్తి చేయవచ్చు అని వీరు కనుగొన్నారు.

క్రీ.శ. 1800 సంవత్సరంలో బేటరీని కనుగొన్న సమయంలో విలియమ్ నికాల్సన్ అనే ఇంగ్లీషు వ్యక్తి నీటిని హైడ్రోజన్, ఆక్సిజన్ అనే రెండు వాయువులుగా విడగొట్టడానికి విద్యుత్ ప్రవాహాన్ని (కరెంటు) ఉపయోగించాడు. నీరు అనేది హైడ్రోజన్, ఆక్సిజన్ అనే రసాయనాల మొత్తమని ఇతడు నిరూపించాడు.

1807వ సంవత్సరంలో హంఫ్రీ డేవీ అనే ఇంగ్లీషు వ్యక్తి, అంతవరకూ ఎవరూ విడగొట్టలేని కొన్ని రాళ్ళలాంటి పదార్థాలను విద్యుత్తు ప్రవాహాన్ని

ఉపయోగించి విడగొట్టాడు. తద్వారా అంతవరకూ ఎవరూ చూడని కొన్ని కొత్త లోహాలను ఇతడు పొందాడు.



ఆ తరువాత క్రీ.శ. 1819వ సంవత్సరంలో హాన్స్ క్రిస్టియన్ ఆయిర్‌స్టడ్ అనే డానిష్ శాస్త్రజ్ఞుడు ఒక తీగ ద్వారా విద్యుత్తు ప్రవాహం ప్రయాణించినపుడు అది అయస్కాంతంలా ప్రవర్తిస్తుందని కనుగొన్నాడు. విద్యుత్, అయస్కాంత ఆకర్షణలు ఏదో సంబంధం కలిగి ఉన్నట్లు కనిపించింది.

ఈ కొత్త విషయాలను అధ్యయనం చేయడానికి ప్రయోగాలు ప్రారంభించారు. విద్యుత్తు ప్రవాహం (కరెంటు) ప్రయాణిస్తున్న ఒక తీగను వలయాలుగా చుట్టినపుడు అయస్కాంత ఆకర్షణ చాలా బలపడుతుందని 1829వ సంవత్సరంలో జోసెఫ్ హెన్రీ అనే అమెరికా శాస్త్రజ్ఞుడు నిరూపించాడు.

తీగయొక్క ప్రతీ వలయం తరువాత వలయాన్ని బలపరుస్తుంది. వలయాలుగా చుట్టిన తీగ అంతటినీ సిల్కుతో కప్పడం చాలా అవసరం. ఇలా చేయడం వల్ల విద్యుత్తు ప్రవాహం (కరెంటు) ఒక వలయం నుంచి వేరొకవలయం లోకి దూకలేదు. కాబట్టి ఈ విధంగా చేసినప్పుడు విద్యుత్ ప్రవాహం (కరెంటు) తప్పకుండా తీగ ఎంత పొడవు ఉందో అంత పొడవు గుండా ప్రయాణించాలి.

ఒక ఇనుప ముక్కకి తీగను వలయాలుగా చుట్టినపుడు అయస్కాంత బలం మరింత బలపడుతుంది. సాధారణ అయస్కాంతంతో పోల్చినా ఇది చాలా ఎక్కువ బలాన్ని కలిగి ఉంటుంది. దీనిని "విద్యుదయస్కాంతం" (ఎలక్ట్రో మాగ్నెట్) అని అంటారు. వలయంగా చుట్టిన తీగలను బేటరీకి తగిలించడం ద్వారా ఈ విద్యుదయస్కాంతాన్ని చాలా తేలికగా ఆన్, ఆఫ్ చేయవచ్చు. తీగలను బేటరీకి తగిలిస్తే అయస్కాంతబలం పుడుతుంది. తీగలను బేటరీనుంచి దూరంగా ఉంచినప్పుడు అయస్కాంత బలం మాయమైపోతుంది.

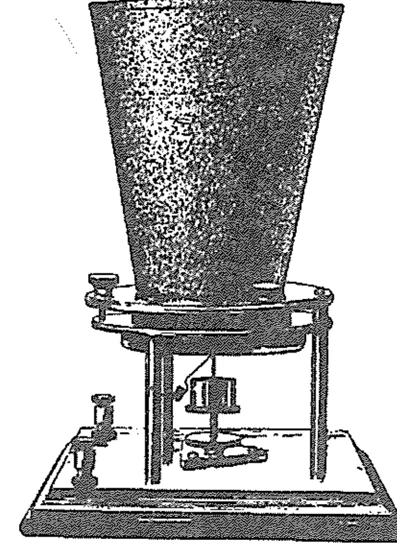
హెన్రీ ఒక చిన్న విద్యుదయస్కాంతాన్ని ఉపయోగించి ఒక టన్ను (1000 కిలోలు) కంటే ఎక్కువ బరువు ఉన్న ఇనుమును పైకి లేవనెత్త గలిగాడు. విద్యుదయస్కాంత సహాయంతో ఇనుమును ఎక్కడికి కావాలంటే అక్కడికి మోసుకుపోవచ్చు.

విద్యుత్తుని ఉపయోగించి అయస్కాంతత్వాన్ని ఉత్పత్తి చేసినట్లే అయస్కాంతత్వాన్ని ఉపయోగించి విద్యుత్తును ఉత్పత్తి చేయవచ్చని మైఖేల్ ఫారడే అనే ఇంగ్లీషు శాస్త్రజ్ఞుడు నిరూపించాడు. క్రీ.శ. 1831వ సంవత్సరంలో ఇతడు ఈ విషయాన్ని నిరూపించాడు. అయస్కాంతానికి దగ్గరగా ఒక రాగి పళ్ళాన్ని (ప్లేటు) చుట్టూ తిప్పినపుడు రాగి పళ్ళెంలో విద్యుత్తు ప్రవాహం (కరెంటు) ఉత్పత్తి అయింది.

ఆవిరి యంత్రాన్ని గనక రాగి పళ్ళాన్ని తిప్పడానికి ఉపయోగిస్తే, ఆవిరి యంత్రం పని చేసినంతవరకు రాగి పళ్ళాన్ని తిప్పుతుంది. దీనిని అయస్కాంతానికి దగ్గరగా తిప్పినపుడు రాగి పళ్ళెంలో విద్యుత్తు ప్రవాహం (కరెంటు) ప్రయాణిస్తుంది. ఈ విధంగా ఫారడే విద్యుత్తును ఉత్పత్తిచేసే "జనరేటర్"ను కనుగొన్నాడు.

అలెగ్జాండర్ బెల్ "టెలిఫోన్"

(1876, తొలి సంభాషణ ప్రసారం)



మోర్స్ కోడ్

A	•—	S	•••
B	—•••	T	—
C	—•——	U	••—
D	—••	V	•••—
E	•	W	•——
F	•—•	X	—••—
G	——•	Y	—•——
H	••••	Z	——••
I	••		
J	•———	1	•————
K	—•—	2	••———
L	•—••	3	•••——
M	——	4	••••—
N	—•	5	•••••
O	———	6	—••••
P	•——•	7	——•••
Q	——•—	8	———••
R	•—•	9	—————

బేటరీకంటే జనరేటర్ మెరుగైనది. రసాయనిక చర్యలలో రాగి, తగరం, జింక్ లాంటి కొన్ని ఖరీదైన లోహాలను ఉపయోగించడం ద్వారా మాత్రమే విద్యుత్తును బేటరీ ఉత్పత్తి చేస్తుంది. కానీ విద్యుత్తు జనరేటర్‌లో రాగి పళ్ళాన్ని తిప్పడానికి ఉపయోగించే ఆవిరి యంత్రానికి కావలిసిన ఆవిరిని బొగ్గుని మండించడం ద్వారా ఉత్పత్తి చేయవచ్చు. ఇది చాలా తక్కువ ఖర్చుతో చేయవచ్చు. ఫారడే కనుగొన్న విద్యుత్తు జనరేటర్‌ని ఉపయోగించి ప్రజలకు సరిపోయినంత విద్యుత్తును తక్కువ ఖర్చుతో ఉత్పత్తి చేయవచ్చు. ఫారడే కనుగొన్న సూత్రాన్ని వెనకకు తిప్పి (విలోమాన్ని) ఆ సంవత్సరంలో జోసెఫ్ హెన్రీ నిరూపించాడు. ఫారడే విద్యుత్తును ఉత్పత్తి చేయడానికి తిరుగుతూ ఉన్న రాగి పళ్ళాన్ని ఉపయోగించాడు. విద్యుత్తు ప్రవాహాన్ని (కరెంటు) ఉపయోగించి చక్రాన్ని ఎలా తిప్పవచ్చు అన్నది హెన్రీ నిరూపించాడు. హెన్రీ "విద్యుత్తు మోటారు"ను కనుగొన్నాడు.

విద్యుత్తు మోటారుని అతి తక్కువ సమయంలో ప్రారంభించవచ్చు (స్టార్ట్), తిరగకుండా ఆపవచ్చు (స్టాప్). చిన్న విద్యుత్తు మోటారు చిన్న వస్తువులను కదిలిస్తుంది. పెద్ద విద్యుత్తు మోటారు పెద్ద పెద్ద వస్తువులను కదిలిస్తుంది. మనుషులు, జంతువుల కండరాలు చేస్తున్న పనిని చాలావరకు విద్యుత్తుని ఉపయోగించి చేయవచ్చు.

తరువాత మెల్లమెల్లగా చాలా ఆశ్చర్యకరమైన వాటిని కూడా చేయడానికి విద్యుత్తు ప్రవాహాన్ని ఉపయోగించసాగారు.

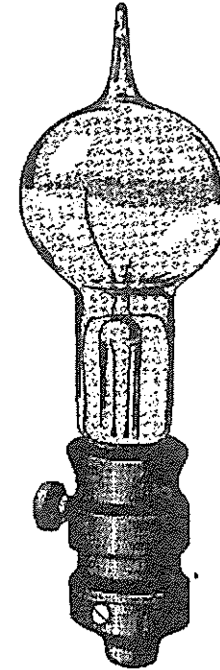
1844వ సంవత్సరంలో శ్యాముల్ ఎఫ్.బి.మోర్స్ అనే అమెరికను ప్రథమంగా, అతి ముఖ్యమైన "విద్యుత్తు టెలిగ్రాఫ్"ను కనుగొన్నాడు. తీగ గుండా విద్యుత్తు ప్రవాహాన్ని ఉపయోగించి సంకేతాలను పంపేవారు. విద్యుత్తు ప్రవాహాన్ని (కరెంటు) తీగ ద్వారా ప్రసారం చేయడం ద్వారా చాలా చిన్న సంకేతాలను పంపేవారు, వీటిని చుక్కలతో గుర్తించేవారు. విద్యుత్తు ప్రవాహాన్ని (కరెంటు) తీగ ద్వారా ప్రసారం చేయకుండా ఆపడం ద్వారా కొంచెం పెద్ద సంకేతాలను పంపేవారు, వీటిని గీతలతో గుర్తించేవారు. చుక్కలు, గీతలను రకరకాలుగా అమర్చి ప్రతీ అక్షరాన్ని గుర్తించేవారు.

మోర్స్ సంకేతాలని (కోడ్) ఉపయోగించి ఎక్కువ దూరాలకు, విద్యుత్తు వేగంతో సమానంగా సంకేతాలను పంపించవచ్చు. దీని వేగం సుమారుగా ఒక సెకనుకు 3,00,000 కిలోమీటర్లు ప్రయాణిస్తుంది. టెలిగ్రాఫ్‌ను ఉపయోగించి సందేశాన్ని న్యూయార్క్ నుంచి శాన్‌ఫ్రాన్సిస్కోకి ఒక సెకనులో 60వ వంతు సమయం కన్నా తక్కువ సమయంలో పంపించవచ్చు.

1876 వ సంవత్సరంలో అలెగ్జాండర్ గ్రహంబెల్ అనే స్కాటిష్-అమెరికను విద్యుత్తు ప్రవాహాల్ని (కరెంటు) తక్కువ, ఎక్కువగా (బలహీనంగా, బలంగా) ప్రసారం చేయటానికి ఒక పద్ధతిని కనిపెట్టి దీని ద్వారా ధ్వని తరంగాలను ఉత్పత్తి చేయగలిగాడు. అతను "టెలిఫోన్"ను కనుగొన్నాడు.

ఒక మూసి ఉన్న గాలి లేని గాజు గొట్టంలో అమర్చిన కార్బన్ దారం గుండా విద్యుత్తు ప్రవాహం (కరెంటు) ప్రయాణం చేయడాన్ని 1879వ

థామస్ ఎడిసన్ మొదట కనుగొన్న విద్యుత్ బల్బు, 1879



సంవత్సరంలో థామస్ అల్వా ఎడిసన్ అనే అమెరికను కనుగొన్నాడు. విద్యుత్తు ప్రవాహం (కరెంటు) కార్బన్ దారాన్ని తెల్లరంగులో వెలిగే వరకూ వేడిచేస్తుంది. కార్బన్ దారం చుట్టూ గాలి లేదు కాబట్టి అది కాలిపోదు, కానీ అలా వెలుగుతూ వెలుతురుని ఇస్తూనే ఉంటుంది. ఈ విధంగా ఎడిసన్ "విద్యుత్ బల్బు"ను కనుగొన్నాడు.

ఇంకా చాల వాటిని చాలామంది కనుగొన్నారు. ఈ రోజులలో మనం విద్యుత్తు ప్రవాహాన్ని (కరెంటును) రకరకాలుగా వాడుతున్నాం. ఉదాహరణకి వంట చేయడానికి, వేడిచేయడానికి, చల్లబరచడానికి, ఫ్రిజ్‌లకు, కాంతికి, ఇంటిలోని రికార్డ్ ప్లేయర్లుకి (రేడియో, టెలివిజన్), జుట్టు ఆరబెట్టుకోవడానికి హెయిర్ డ్రయింగ్ యంత్రాలు, విద్యుత్తు బొమ్మలు ఇలా ఇంకా ఎన్నో రకరకాలుగా ఉపయోగిస్తున్నాం.

విద్యుత్తు ఉపయోగాలకు హద్దేలేదు. ప్రజలు ఉపయోగించే విద్యుత్తు ఏటేటా పెరుగుతూ వస్తోంది, మన పూర్వీకుల జీవితాలకంటే మన జీవితాలను విద్యుత్తు ఎంతగానో ప్రభావితం చేసింది. మన జీవితాలలో విద్యుత్తు గొప్ప ప్రాముఖ్యతను సంతరించుకుంది.

ఇలా కొన్ని శతాబ్దాలుగా ఎంతో మంది ప్రయోగాలు చేయగా దక్కిన ఫలితం విద్యుత్తు.

కొన్నేళ్ళ తరువాత మనిషి మనుగడకి తిండి, బట్ట, ఇల్లు అవసరమైనట్టే ఇంటికి విద్యుత్ తప్పనిసరి అవుతుందేమో.